BHS
II H
26

No 24 1/2.

BHS II H 26

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzw.
Bibliothek:
Gruppe: II. 2d
B.Nr. 26
Aktiengesellschaft

Umrisse

zu den

physischen Verhältnissen

des von

Herrn Professor Örsted

entdeckten

elektro-chemischen

Magnetismus.

Skizzirt

von.

P. Erman.

BIBLIOTHEK
DER K.B.GENERAL
BERGW.U.SALINEN
ADMINISTR.

Mit einer Kupfertafel.

Berlin,
gedruckt und verlegt bei G. C. Nauck.

1821.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Von der überschwenglichen Wichtigkeit der Örstedschen Entdeckung kein Wort: diese Sache oder keine in der Welt spricht von selbst. Die Hoffnung, dafs diese tief und weit eingreifende Angelegenheit sich trotz ihrer scheinbaren Verschlungenheit, sehr schnell entwickeln werde, gründet sich auf die im frischen Andenken seiende rasche Entfaltung des Galvanismus unmittelbar nach der Darstellung der Säule. Lebendige und unverzögerte Mittheilung des theilweise Aufgefundenen, waren damals das Bedingende dieses raschen Fortschreitens: so sei es auch in dieser Angelegenheit. Möchten die Physiker wie damals, die Theilnehmenden in Stand setzen, jede Ausbeute möglichst bald kritisch abzuwägen und eifrig zu überbieten. In dem gesagten liegt die Entschuldigung, dafs ich ungereifte Frucht breche.

Diese Aufopferung als Pflicht anerkennend, bestimmte ich vor mehreren Wochen bereits einen

Aufsatz für die Annalen; nahm ihn jedoch zurück, um einige durch die Schwierigkeit des Gegenstandes gebotene Erläuterungen einzuschalten, wodurch er anwuchs zu einer Ausführlichkeit, welche für die frühere Bestimmung unbequem, ihn gewissermafsen eignet zum einstweiligen Leitfaden einiger Vorlesungen, wo, dem Wunsche Vieler gemäfs, den Thatsachen des elektrisch-chemischen Magnetismus, sowohl den hier zum Theil erwähnten physischen, als den ganz übergangenen chemischen, durch Versuche lebendige Anschaulichkeit und Beglaubigung gegeben würde.

Die hier mitgetheilten Beiträge zur Kenntnifs des elektrisch-chemischen Magnetismus sind sehr anspruchslos. Die Thatsachen glaube ich verbürgen zu können; was die Theorie betrifft, so suchte ich zu finden wo man suchen müsse, und bin nicht anmafsend genug, mir mit einem glücklichen Erfolge zu schmeicheln; um so weniger da bei einem durchaus neuem Gegenstande gerade dieses die gröfste Schwierigkeit darbietet, und gemeinhin die Ansichten, die man den zu allererst aufgefundenen Thatsachen abgewinnt, durch spätere Wahrnehmungen bedeutend modifizirt werden. Auf diesen Fall ist meine Erwartung, ja meine Hoffnung

gerichtet: aber ein Versuch, selbst das paradoxeste Neue zuvörderst an früher bestehende Analogien zu halten, ist immer zu billigen; denn nur durch diesen skeptischen Dogmatismus kann das wahrhaft Neue vom scheinbar Neuen geschieden werden. Im vorliegendem Fall ist es nicht unwahrscheinlich, dafs der von Örsted entdeckte chemische Magnetismus mit in das Feld der magnetischen Einwirkungen auf die Leiter des Magnetismus einspiele: bekanntlich aber haben wir bis jetzt keine Ahnung von dieser Klasse von Wirkungen, denn alle unsere Theoreme beziehen sich auf die Erscheinungen bei den Isolatoren, wie Eisen, Nickel und Kobalt. Um aber zu finden in wie fern und wo wir es hier mit wirklich spezifisch verschiedenen Gesetzen zu thun haben, und um in das etwanige Eigenthümliche derselben möglichst schnell und sicher einzudringen ist wohl kein besserer Weg als an die vor der Hand bekannten Gesetze anzuknüpfen, um aus den Analogien des Magnetismus und des Galvanismus, wie wir sie bis jetzt erkannt hatten, physisch begründete Konstruktionen zu versuchen die den neuen Erscheinungen möglichst entsprechen. Erst wenn eine Mehr–

heit solcher Kombinationen, vielseitig versucht und eindringend verfolgt, vorhanden seyn wird, läfst sich entscheiden, wieviel von dem anomal scheinenden, wirklich heteronomisch sei. Die Beharrlichkeit mit welcher Volta gegen den Strom der Neuheit setzte, und, anfänglich allen Anschein gegen sich habend, den elektrischen Karakter im Galvanismus endlich nachwies, ist geeignet die Physiker zur Anwendung derselben Methode zu ermuthigen. Diese Blätter mögen daher immerhin neben der Darstellung mehrerer faktischen Hauptzüge des elektrisch-chemischen Magnetismus, einige Vorübungen enthalten zur Parallelisirung des Neu-entdeckten mit dem bereits Bekannten; im besten Fall um Ideen zu neuen Kombinationen für oder wider die Ansicht zu erregen, im schlimmsten um die Übersicht der verschlungenen Thatsachen gleichsam wie durch eine künstliche Nomenklatur zu erleichtern, welches hier ein sehr dringendes Bedürfnifs war.

Der Gegenstand, so viel ich ihn bis jetzt durch eigene Prüfung kenne, zerfällt, jedoch nicht mit übertriebener Strenge, in drei Abtheilungen:

I. Beobachtungen an der frei schwebenden elektrisch – magnetischen Kette.

II. Beobachtungen an der Neigungs-Boussole.

III. Beobachtungen am Azimuthal-Kompafs.

Eine Bemerkung, welche sich auf die durchgängige Terminologie dieser Schrift bezieht, mufs, um Mifsverstand zu vermeiden, bevorwortend vorangehen. Diejenige magnetische Thätigkeit des Planeten, welche die Eine Hälfte der Boussol-Nadel gegen den astronomischen Norden zieht, ist offenbar die Freundschaftliche, das heifst ungleichnahmige für diese Hälfte. Dem gemäfs sollte man die magnetische Thätigkeit, die ihren Sitz hat in der nach Norden gerichteten Hälfte der Nadel die südlich magnetische nennen. Die grofse Mehrheit der engländischen und französischen Physiker hat bereits diesen Sprachgebrauch angenommen. In Deutschland ist es nicht so: wir nennen noch immer ziemlich allgemein, wenn gleich an sich sehr unrichtig, Nördliche Thätigkeit diejenige, welche in der nach Norden

gerichteten Hälfte der Boussol-Nadel obwaltet. An diesen unter uns noch geläufigen Sprachgebrauch glaubte ich mich halten zu müssen, um nicht die Übersicht eines an sich sehr verworrenen Gegenstandes muthwillig zu erschweren. Bemerkt mufste es jedoch werden, damit der Leser sich zu rathen wisse, wenn in den vom Auslande her zu erwartenden Beiträgen, hie und da scheinbare Widersprüche in den Resultaten obwalten, herrührend von dieser Umkehrung der Nomenklatur.

Eben so mufs bemerkt werden, dafs in dieser Abhandlung der Theil des Leiters der vom Zink kommt der positive heifst; worüber ebenfalls Abweichungen in der Nomenklatur obwalten.

I^ster Abschnitt.

Beobachtungen an einer frei aufgehängten elektrisch-chemischen Kette, oder Rotations-Apparat.

Die Beobachtungen an einer gewöhnlichen Azimuthal-Nadel, die man aufserhalb oder innerhalb des schliefsenden Bogens einer galvanischen Kette aufstellt, und die dadurch Östliche oder Westliche Abweichung, oder auch gar keine Abweichung bekommt, nach der relativ verschiedenen Stellung und Entfernung der positiven und negativen Metalle, sind zwar die ersten, an welchen man den Übergang von der chemischen Elektrizität zum Magnetismus wahrnahm, und sie waren bis jetzt die einzigen, von denen man etwas bestimmtes wufste. Nichts desto weniger bin ich fest überzeugt, dafs man zu einer klaren Ansicht des elektrisch-chemischen Magnetismus nur dann gelangen kann, wenn man von den Bewegungen einer frei schwebenden galvanischen Kette ausgeht, die von einem dargebotenen Magnet-Pol angezogen oder abgestofsen wird. Denn weder diese Kette, noch der in freier Hand gehaltene Magnet, äufsern alsdann irgend eine tellurische Beziehung. Prüft man

hingegen den elektrisch-chemischen Magnet mittelst einer Boussol-Nadel, so ist einleuchtend, dafs die konstante tellurisch-dirigirende Kraft der Boussole stets in den Erscheinungen mit verflochten ist, und in jedem Azimuth verschiedene Kombinationen mit der elektrisch-chemisch erregten Thätigkeit giebt; so dafs es den Anschein haben kann als veräudere sich der Werth dieser letzten in den verschiedenen Azimuthen, während in der That sich nichts geändert hat, als die relative Richtung und Entfernung beider unter sich. So z. B. wird man anfänglich glauben, dafs die elektrisch-chemischen Magnete gar nicht wirken im Azimuth Ost-West; und doch fand ich, dafs gerade in diesem Azimuth die gröfstmöglichen Abweichungen bedingt werden können, indem nach Verschiedenheit der relativen Entfernungen, der Nordpol der Boussole geradezu nach Süden gewendet wird, und in dieser Stellung beharret. Ist die absolute Intensität der Wirkung etwas geringer, so kann man die Magnet-Nadel zum beharrlichen Stillstand bringen in Süd-Ost, in Süd-West, in Nord-Ost und in Nord-West; hat endlich die chemisch bedingte Kraft nur um einige Grade abgenommen, so bleibt die Nadel unverrückt in Norden, scheinbar ohne alle Sollizitation. Hieraus sich zu finden ist allerdings sehr schwer; es ist aber etwas leichter, wenn man von den Beobachtungen der freischwebenden Rotations-Kette kommt; diese und noch viele andere

scheinbare Anomalien ergeben sich alsdann gleichsam als Korollare, die man vorkonstruiren würde, wenn man sie auch nie gesehen hätte.

Bei dieser Wichtigkeit des Rotations-Apparats, wo die elektrisch-magnetische Kette durch den dargebotenen Pol eines Magnets bewegt wird, ist es mir sehr erfreulich eine Konstruktion desselben angeben zu können, die dnrch Einfachheit und Bestimmtheit der Wirkung, nichts zu wünschen übrig läfst. Wenn die raschen Fortschritte des Galvanismus durch die allgemeine Theilnahme bedingt wurden, und diese Theilnahme selbst durch den Umstand, dafs je zwei Stücke von heterogenen Metallen zu wichtigen Entdeckungen genügten, da wo das Talent der Beobachtung nicht fehlte, so ist es erwünscht wenn höchst einfache und bequeme Mittel genügen, um die Erscheinungen des Elektro-Magnetismus zu beobachten; und solche Mittel sind möglichst bald zur Kenntnifs der Berufenen zu bringen.

Ein schmaler Streifen Pappe *AB* (Fig. 1.) wird so geschnitten, dafs er an einem Ende genug Breite behält, um darin ein Loch *C* auszustemmen, in welches ein leichter silberner oder kupferner Becher wie *D* befestigt werden kann, am besten mittelst der beim Ausstemmen des Lochs stehen gebliebenen sternförmigen Lappen. Ein schmaler Streifen *ef* von Zinkblech oder Stanniol, oder auch ein blofser Drath von irgend einem Metall,

ausgenommen Nickel-Kobald und Eisen, reicht mit einem Ende an das ausgeschnittene Loch, und wird da mittelst Stanniol oder Kupferlahn oder Goldblatt in innige Berührung gebracht mit der äufseren Fläche des Bechers. Von da aus geht der Metall-Streifen oder Drath längs dem Pappstreifen weg und am Ende desselben schlägt er sich unterwärts zurück in einer gewissen Entfernung von der untern Fläche des Pappstreifens und reicht so mit seinem andern Ende bis zum Becher hin, in dessen verdünnte Säure er sich eintaucht mittelst einer in gut leitender Verbindung an ihn befestigten etwas bedeutenden Masse Zink, um der augenblicklichen Auflösung zuvorzukommen. Fig. 2. ist der Durchschnitt der Rotationskette; die punktirte Linie *a b c d e* ist der von der äufseren Fläche des Bechers, oberhalb und unterhalb des Pappstreifens bis zu der im Becher enthaltenen Säure reichende Drath oder Metallstreifen; *f* ist die zur Auflösung bestimmte Zinkmasse; Zweierlei ist in Hinsicht dieser zu bemerken als wesentliche Bedingung des Erfolgs. Einmal mufs sie in durchgängig kontinuirlicher metallischer Verbindung mit dem Leiter *a b c* sein; da Stanniol von den Dämpfen der aufbrausenden Salzsäure oder Schwefelsäure nicht oxidirt wird, so kann man die Verbindung mittelst desselben gut bewirken; ächte Goldblättchen schmiegen sich noch besser an und widerstehen der Oxidation noch mehr. Die zweite unerläfsliche Be-

dingung ist, dafs weder die aufzulösende Zinkmasse *f*, noch der Zuleiter *a b c d e* nirgends in Berührung komme mit dem Metall des Bechers; da aber Glas, Holz, Pappe etc. zu diesem Behuf die Elektrizität hinlänglich isoliren, so kann man diese höchst wichtige Bedingung sehr leicht erfüllen: ich pflege die innere Seite des Bodens mit einem Uhrglas zu bedecken, und die Zinkmasse, (Zylinder oder Röhren oder Streifen von dickem Blech) senkrecht darauf stehend zu erhalten. Dieser Rotations-Becher-Apparat hängt mittelst vier Fäden oder eines Bügels von Drath an einem möglichst feinen und gehörig langen Metallfaden, wodurch die Torsion für die hier zu beschreibenden Versuche hinlänglich vermieden wird. Erst späterhin wenn wir an quantitative Bestimmungen gehen werden, wird die Torsions-Wage unentbehrlich; aber ihre Anwendung wird, durch die graduelle Abnahme des chemischen Lösungs-Prozesses ungemein erschwert. Jedoch liegt im Bereich dieser Prüfungen selbst die Auffindung des hier benöthigten Korrektions-Elements. Wer hätte uns vor einigen Monaten gesagt, dafs der Chemiker die abnehmende Intensität eines Auflösungs-Prozesses von der Boussole ablesen würde! und doch ist es so; denn schon der Vollastonsche Apparat von einem silbernen Fingerhut voll Säure und einem Streifen Zink, der darin taucht, wirkt entschieden auf eine Boussol-Nadel von geringer Masse, und die Grade ihrer Ab-

weichungen bilden mit den eintretenden Graden der Sättigung zwei entgegengesetzte Reihen, deren Gesetz gefunden werden kann, und mufs, um das magnetische Galvanaskop in ein Galvanometer zu verwandeln, und hiemit einen Riesenschritt der Chemie zu bedingen. Über das vortheilhafte Maximum der Gröfse, die man den eben beschriebenen Rotations-Ketten zu geben hat, weifs ich nichts bestimmtes zu sagen. Da die magnetische Polarisation derselben lediglich von der chemischen Wirkung abhängt, und folglich mit den zunehmenden Sättigungsgraden der Säure schnell abnimmt, so ist es nöthig einen Becher von einigem Inhalt zu wählen, (beiläufig 5 Unzen Wasser), um aber eine solche Masse mittelst eines Magnets in schnelle und ganz unzweideutige Bewegungen zu versetzen, mufs man der an sich schwachen magnetischen Kraft der Kette durch Hebelmoment zu Hilfe kommen: eine Länge von 7 — 8 Zoll für den Pappstreifen und folglich auch für den Metall-Leiter, auf dessen Endpunkt der Magnet wirken soll, schien mir ein gutes Verhältnifs; bei mäfsiger Stärke der sauren Flüssigkeit und bei einer Tragekraft von 4 — 5 Pfund für den einzelnen Pol des Magneten, treibt dieser den Rotations-Apparat vom Punkt der Ruhe an durch den ganzen Kreis in 10 — 12 Sekunden; und die Schwingungen, wenn die gewählte Kombination sie gestattet, geschehen beiläufig in 6 — 8 Sekunden.

Folgendes sind die Erscheinungen, die ich an meinen Rotations-Apparaten wahrgenommen habe:

1. Von einer Richtung nach einem bestimmten Azimuth habe ich nie eine Spur finden können, weder nach Nord und Süd, noch nach Ost und West, welches nach vielen Analogien viel eher zu erwarten war. Weit entfernt jedoch, diesem negativen Erfolg eine Beweiskraft beilegen zu wollen, welches sehr übereilt wäre, bemerke ich nur, dafs bei der grofsen Beweglichkeit meiner Apparate, vorzüglich der weiterhin zu beschreibenden Zweiarmigen, eine dirigirende tellurische Kraft, wenn sie da wäre, höchst wahrscheinlich sich schon an ihnen ausgesprochen hätte. Aus einigen später zu erwähnenden Bedingungen dieser Bewegungen liefse sich sogar schliefsen, dafs keine dirigirende Kraft für die elektrisch-chemischen Magnete möglich ist.

2. Näheren wir dieser von wahrnehmbarer dirigirenden Kraft frei seiende Rotations-Kette, den Pol eines Magnets, so wird sie aus der Ruhe in Bewegung übergehen, gleichviel in welchem Azimuth sie auch früher geruht habe. Auch ist diese Sollizitation zur Bewegung in allen Azimuthen gleich nach Richtung und Intensität; das heifst, derselbe Pol von derselben Seite des Apparats und aus derselben Entfernung wirkend, bringt dieselbe Art und denselben Grad von Bewegung hervor, die früher ruhende Kette mag in Süd-Nord, oder in Ost-West, oder in irgend einem andern Azimuth gerichtet ge-

wesen sein. Da der entgegengesetzte Pol des Magnets auch gerade entgegengesetzte Bewegungen bedingt, so könnte es scheinen, die elektrisch-chemische Kette sei geradezu ein gewöhnlicher Magnet geworden. Die Unterschiede die hier obwalten, sind jedoch sehr wesentlich.

3. Man führe die eben beschriebene Rotations-Kette in das Azimuth Süd-Nord; das heifst: man lasse sie ruhen in der Stellung wo der Becher in Süden steht, und folglich der aus dem inneren desselben kommende + *E* Drath (Fig. 2.) von Süden nach Norden gerichtet ist. Diese Stellung ist willkührlich aber normal.

Nun nähere man dem nördlichen Ende des Apparats den Nord-Pol eines Magnets, von der östlichen Seite her, so wird dieses Ende abgestofsen, nähert man aber denselben Nord-Pol von der westlichen Seite her, so wird eine Anziehung Statt finden. Der totale Erfolg ist aber in beiden Fällen derselbe, denn angezogen oder abgestofsen, läuft die Rotations-Kette vor dem aufserhalb ihres Bogens dargebrachten Nord-Pol eines Magnets immer westlich, das heifst, von der Linken zur Rechten, wenn man sie sich denkt als früher ruhend in der Stellung Süd-Nord. Der Süd-Pol eines Magnets bedingt die entgegengesetzte Bewegung. Da aber einerseits während einer Bewegung durch den ganzen Kreis die Bedeutung von rechts und links, östlich und westlich sich kontinuirlich ändert und

in das entgegengesetzte übergeht, andrerseits aber die Anziehungen und Abstofsungen des Magnet-Pols auf dieselben Flächen des chemischen Magnets unverändert dieselben bleiben in allen Azimuthen, so leuchtet ein die Schwierigkeit diese Bewegungen zu beschreiben, und die Verfänglichkeit sie zu beobachten nach Beziehungen auf die konstante Richtung der Boussol-Nadel.

Es mag daher dienlich sein, schon hier und gleich am Eingange dieser Verhandlungen eine Analogie mit den bekannten Erscheinungen des Magnetismus einzuführen, die als Bild betrachtet, der Einbildung und dem Gedächtnifs bei der grofsen Verschlungenheit dieser Erscheinungen willkommen sein mufs; der ich aber geneigt bin einen höheren Werth beizulegen, indem ich von ihr sehr reelle Aufschlüsse über diese Klasse von Phänomenen erwarte. Die natürlichen Magnete und die grofse Mehrheit der künstlich erregten, haben Longitudinal-Polarisation; der Gegensatz der zwei spezifischen Thätigkeiten äufsert sich nach zwei mit der Axe parallelen Richtungen; die Eine Hälfte nach dem Sinne der Länge äufsert nur nördliche, die Andere nur südliche Thätigkeiten; irgend ein Pol eines Magnets zieht überall die Eine Hälfte an, und stöfst überall die Andere ab; und die Endpunkte richten sich nach Norden und Süden. Nun giebt es aber eine Künstelei beim Streichen durch welche man transversale Polarisation be-

wirkt. Die Eine ganze Fläche nach dem Sinne der Breite hat die nördliche, die ganze Andere die südliche; jeder der Endpunkte nach dem Sinne der Länge hat beide Thätigkeiten im gleichen Grade; ein solcher Stab frei aufgehängt, richtet Eine seiner breiten Flächen nach Norden, die Andere nach Süden; die beiden Endpunkte zeigen nach Ost und West. Nun denke man sich den Stab ruhend in der Stellung *SN* (Fig. 3.); nähert man seinem nach Norden gerichteten Endpunkte den Nord-Pol eines Magnets, so findet Abstofsung statt wenn der Magnet von der westlichen Seite sich nähert, und Anziehung, wenn er von der Östlichen Seite her wirkt; in beiden Fällen aber bekommt der Stab westliche Abweichung, und dreht sich im Kreise von der Linken zur Rechten; dafs der Süd-Pol des Magnets die entgegengesetzte Richtung hervorbringen mufs, versteht sich von selbst. Verfolgt man dasselbe Ende des transversal polarisirten Stabes mit demselben Pol des Magnets, so wird überall durch Anziehung oder Abstofsung der transversal polarisirte Stab im Kreise stets in derselben Richtung fort bewegt. Die unter No. 2. erwähnten Bewegungen der Kette scheinen also identisch mit denen eines künstlichen transversalen Magnets, dem man eine gewisse (bis jetzt noch willkührliche) Lage im Raume gegeben hat. Nicht minder auffallend ist diese Identität in den sogleich folgenden Nummern 4 und 5.

4. Man bereite sich einen zweiarmigen Rotations-Apparat (Fig. 5.) wo der Becher in der Mitte zweier Zweige steht, wovon der Eine von der negativen, das heifst äufsern Seite des Bechers, der Andere von der positiven Seite her nach den entgegengesetzten Endpunkten des Pappstreifens gehen. Man führe den Einen dieser Leiter, z. B. den, der von der innern oder positiven Seite kommt, in die Stellung, dafs er vom Becher an gerichtet sei von Süden nach Norden, und halte seinem Ende gegenüber den Nord-Pol eines Magnets; so hat man die in No. 2. erwähnten Bewegungen und die westliche Abweichung. Nun führe man den entgegengesetzten, von der negativen Seite kommenden Leiter in dieselbe Stellung und vor denselben Pol des Magneten, so ist alles umgekehrt; die Seite die früher angezogen war, wird abgestofsen, und die Abweichung ist östlich. Da dieser Gegensatz konstant ist, und denselben Werth in allen Azimuthen behält, so ist nicht an eine etwanige Umkehrung der Polarität durch tellurischen Magnetismus zu denken, analog der des weichen unmagnetischen Eisens. Auch hat der Leiter im Sinne seiner Länge durchaus keinen qualitativen Gegensatz oder Longitudinal-Bipolarität; denn an der rein-einarmigen (homodromischen) Kette ist keine Spur davon wahrzunehmen. Vergleichen wir aber die Bewegungen der zweiarmigen (heterodromischen) mit einem ebenfalls als zweiarmigen Hebel aufgehängten trans-

versalen Stab, so sehen wir sogleich dafs No. 5. nur ein Korollar ist von No. 2. Es stelle Fig. 5. diesen Stab vor in der ersten Stellung der zweiarmigen Kette, man sieht, dafs durch Anziehung ihres Süd-Pols, und Abstofsung ihres Nord-Pols die Abweichung westlich sein müsse. Nun habe sich der Stab in einem Halbkreis gewendet, so stellt Fig. 4. die nunmehrige Stellung der Kräfte, und die daraus resultirende östliche Abweichung. Für den Magnet wie für die Kette werden diese entgegengesetzten Abweichungen in allen Azimuthen dieselben sein.

5. Läfst man auf eine elektrisch-chemisch erregte Kette die zwei Pole eines Magnets zugleich wirken, das heifst, bringt man ihren Endpunkt zwischen die Zweige eines Hufeisens, so ereignet sich ein auffallender Gegensatz. In der Einen gewissen Stellung des Hufeisens läuft die Rotations-Kette unaufhaltsam fort unter dem Zweige des Hufeisens weg, dem sie gerade am nächsten ist, und mit der Abweichung die dem Pole dieses Zweiges entspricht, ohne irgend eine wahrnehmbare Wirkung des andern Pols. Nun wende man das Hufeisen in das entgegengesetzte Azimuth; augenblicklich oszillirt die Kette von einem Pol zum andern, ohne je unter irgend einem Zweig des Hufeisens weg zu gehen. Die Schnelligkeit dieser Oszillationen ist natürlich sehr relativ, ich habe sie gesehen von 6 Sekunden für den halben Schwung,

bei einem Radius von 7 Zoll. Aber (leider für die Bestimmungen zu denen sie sonst tauglich wären) sie halten nicht aus; jede folgende ist immer etwas kleiner, und nach relativ kürzerer oder längerer Zeit (höchstens eine Viertelstunde) ruht die Rotations-Kette in gleicher Entfernung zwischen beiden Polen. Nähert man ihr alsdann einen derselben ein wenig, so geht die Kette von ihm ab: also war sie im Gleichgewicht zwischen den abstofsenden Kräften, wie zu erwarten, und hiermit ist uns die Kombination gegeben, wo allein diese Schwingungen Statt finden können: die Pole nehmlich müssen respektiv so liegen, dafs die durch sie bewirkten Abstofsungen beide nach dem Inneren des Hufeisens gerichtet sind. Sind die Abstofsungen nach aussen gerichtet, so weicht die Kette augenblicklich aus, ohne jede Oszillation. Die vielen Kombinationen die ich über dieses auffallende Phänomen anstellte, um fortdauernde Oszillationen zu erhalten, haben mir nie etwas erblicken lassen, was wesentlich verschieden wäre von den Bewegungen einer transversal gestrichenen Nadel, unter gleichen Umständen. Fig. 6. stellt für die Kette nach dem Bilde des transversalen Stabes den Fall, wo Oszillationen Statt finden: der Nord-Pol stöfst ab nach innen, und zieht nach aussen, der Süd-Pol thut dasselbe. Nun sei anfänglich der transversal polarisirte Leiter dem Süd-Pol näher gewesen, oder man habe ihm einen kleinen Schwung dahin gege-

ben, so bringt ihn die stärkere abstofsende Kraft von *S* auf *s* gegen *N* in Bewegung. Mit dieser Annäherung nimmt zwar die Abstofsung von *N* gegen *n* zu, aber auch die Anziehung von *N* gegen *s*. Durch diese und durch den Schwung selbst, geht die Kette etwas östlich weg, unter *N* durch, wird aber sogleich durch dieselbe Anziehung von *N* gegen *s*, deren Richtung jetzt die Entgegengesetzte geworden, zurückgezogen gegen West, und eben dahin durch die abstofsende von *N* auf *n* beschleunigt. Mit dem erhaltenen Schwung geht also die Kette bis unter *S*, wo dasselbe Spiel der Kräfte sich wiederholt, aber mit einem geringen Verlust von Bewegung, und so fortan bis zum Stillstand. Diese sehr komplizirten Oszillationen sind schwer zu berechnen; ich getraue mir nicht einmal zu entscheiden, ob das Element von Abstofsung sie nothwendig zur Abnahme und endlichen Stillstand bringt; oder ob es blofs in der Realität geschieht, wegen der graduellen und schnellen Sättigung der Säure. Das letzte ist darum minder wahrscheinlich, weil der Stillstand immer in gleicher Entfernung von beiden Polen eintritt; also ist noch Thätigkeit genug da, um die Kette zu halten, wenn gleich nur im Gleichgewicht. Auch wage ich es nicht zu entscheiden, ob man nicht von einer heterodromischen Kette mit zwei Hufeisen an ihren respektiven Enden perpetuirende Oszillationen erhalten könnte, wenn man die relativen Entfernungen von

N zu *n* an einem Hufeisen, und von *S* zu *s* am andern variiren liefse, bis die gesuchte Kompensation da wäre; das letzte bin ich fast geneigt zu glauben, nach der Dauer der Oszillationen, die ich auf diesem Wege von zweiarmigen Rotations-Ketten erhielt. Eine Theorie dieser Schwingungen wäre auf jeden Fall sehr wünschenswerth; denn was sich an ihnen zählen und messen läfst, ist nach Abzug des mechanisch bedingten, das Maafs der in gegebenen Zeiten zunehmenden Sättigung der Säure. Unser magnetisches *perpetuum mobile* ist also zwar bei weitem nicht so dauernd wie das Zambonische, aber eben sein schnelleres Erlöschen eignet es zu sehr wichtigen Zwecken. Wie dem auch sei, so sieht man in Fig. 7. die entgegengesetzte Kombination, die keine Oszillationen giebt. So wie *s* unter *N* weg ist, beschleunigt *N* das *n* nach Westen ohne Rückkehr; und der an sich mögliche Fall eines Stillstandes in gleicher Entfernung von beiden Polen, das heifst im Gleichgewicht der Anziehungen von *N* zu *s* und *S* zu *n* wäre der des Sarges in der Kaba; wenigstens wollen wir vor der Hand dabei stehen bleiben, weiter hin kommen faktisch begründete Modifikationen der transversalen Bipolarität unserer Ketten, welche eine etwas gründlichere Nachweisung der Unmöglichkeit des Stillstandes im Gleichgewicht für diesen Fall geben, und was viel wichtiger ist, das bis jetzt willkührliche in der Stellung des bipola-

ren Magnets aufheben, so wie viele andere scheinbare Willkührlichkeiten, die dem aufmerksamen Leser nicht entgangen sind, die aber hoffentlich wegfallen werden, je nachdem sich Thatsache an Thatsache reihen wird.

Bis jetzt wäre noch völlige Identität zwischen einem elektro-chemischen Magnet, und einem künstlich mit transversaler Polarisation begabten; wir gehen jetzt über zu Erscheinungen, wo so wesentliche Unterschiede eintreten, dafs man oft geneigt ist zu glauben, beide haben durchaus nichts gemeinschaftliches.

5. Wenn man mit einem sehr starken Magnet-Pol, sich einem viel schwächeren longitudinalen nähert, so findet bekanntlich eine Umkehrung der Pole statt: der stärkere setzt sich gleichsam selbst seinen freundschaftlichen, und man findet nun überall Anziehung. Hievon habe ich nie eine Spur beim Rotations-Apparat gefunden. Ganz unverhältnifsmäfsig starke Magnete, möglichst nahe an die gehörigen Punkte des Apparats gebracht, wirkten nur stärker und schneller als minder kräftige, aber nie habe ich die normale Abstofsung in eine Anziehung übergehen sehen. Einer eigenthümlichen Ansicht der chemisch-magnetischen Erscheinungen, die sich auf diesen sehr wichtigen Umstand bezieht, soll weiter unten Erwähnung geschehen. Freilich könnte man sagen, dafs der transversale Magnet viel weniger als der longitudinale geeignet ist,

durch einen einzelnen Magnet-Pol depolarisirt zu werden; weil nehmlich dieser dargebotene Pol immer halb freundschaftlich und halb feindschaftlich ist, könne auch die depolarisirende Wirkung nur halb so grofs sein, als bei einem durchaus feindschaftlichen. Von der andern Seite aber findet der feindschaftliche seine freundschaftliche Thätigkeit (durch deren Anziehung oder Erregung er depolarisirt) bei dem transversalen Magnet bereits abgeschieden und in gröfster Nähe. Auf jeden Fall wäre dieser Umstand wenn es sich durchaus bestätigte, dafs die Pole des chemischen Magnets nie durch die eines aufserhalb dargebrachten magnetischen Individuums umgekehrt werden, von sehr grofser Wichtigkeit, und gehörte zu den wesentlichsten Eigenthümlichkeiten dieser Klasse von Phänomenen.

6. Ein künstlicher transversaler Magnet bleibt vor dem dargebrachten Pol in irgend einer Lage stehen, da wo jedesmahl die relativen Entfernungen des Anziehenden und Abstofsenden einen Gleichgewichtszustand bedingen. Diefs sah ich nie bei dem Rotations-Apparat, immer geht er mit Beschleunigung von der Anziehungsseite zur Abstofsungsseite über und weiter fort, ohne eine Spur von Oszillation zur Rückkehr nach der anziehenden Seite. Es ist vielleicht möglich, dafs die alleinige Ursache hievon zu suchen sei in der absoluten Schwäche der chemischen Magnete, so dafs die Schwungkraft der Kreisbewegung sie unmittelbar

der Anziehungssphäre so entrückt, dafs nur noch die Wirkung des näheren Abstofsenden bemerkbar bleibt. Ich werde weiter unten Erscheinungen erwähnen, wo ganz offenbar der chemisch-elektrische Magnet sich auch in dieser Hinsicht wie ein transversal gestrichener verhält.

7. Wir gehen nun über zu einem sehr merkwürdigen Gegensatz, wo die Analogie mit dem transversal gestrichenen Stab uns gänzlich zu verlassen droht, indem ein auf gewöhnliche Weise transversal gestrichener Magnet diesen Gegensatz durchaus nicht nachzuahmen vermag.

Bei der bisherigen Darstellung der Einwirkungen eines magnetischen Pols auf die Rotations-Kette setzten wir voraus, dafs dieser Pol ihr dargebracht wurde von aufsen, das heifst, dafs man das Polar-Ende des Magnetstabs über *b* oder unter *c* oder parallel mit *bc* (Fig. 2.) in gehöriger Nähe hielt. Nun aber bringe man denselben Pol innerhalb des Bogens *abcd*, das heifst, zwischen den oberen und den unteren Zweig, woraus sie besteht, und die, gerade um diese Applikation möglich zu machen eine Art von Bügel nach unten bilden (Fig. 2.) sogleich sind alle Erscheinungen umgekehrt; wo der aufserhalb angebrachte Nordpol eine östliche Abweichung gab, haben wir jetzt eine westliche; die Seite, die von dem aufserhalb dargebrachten Pol angezogen war, wird von dem innerhalb dargebrachten abgestofsen, kurz alles ist umgekehrt

und zwar ebenfalls ganz konstant und in allen Azimuthen dasselbe, ohne alle tellurische Beziehung. Merkwürdig ist, dafs alle Einwirkungen von innerhalb viel kräftiger und fast das doppelte betragen von denen aufserhalb angebrachten. Alle Bewegungen sind rascher, eine Kette die sich eben mit Schwung nach Einer Richtung bewegt, kommt fast augenblicklich zum Stillstehen und gleich darauf zur entgegengesetzten Bewegung, wenn man den gehörig gewählten Magnet-Pol innerhalb anbringt; und eben so stark und plötzlich ist die Beschleunigung, wenn man zu einer vorhandenen Schwung-Bewegung nach einer Richtung den indizirten Pol nach innerhalb additiv wirken läfst. Wegen dieser vorwaltenden Stärke und bestimmteren Deutlichkeit ist es rathsam, soviel wie möglich diese Art der Applikation bei den Untersuchungen anzuwenden, wenn nur geringe Intensitäten des elektrisch-chemischen Magnetismus oder schwächere Magnetstäbe zu Gebot stehen. Auch wird man finden, dafs wenn, wegen Sättigung der Säure die Bewegungen nicht mehr auf Einwirkungen von aufserhalb deutlich erfolgen wollen,*) man sie noch

---

*) Wegen der absoluten Schwäche der Bewegungen, die durch Applikation des Magnets aufserhalb des Bogens bedingt werden, bemerke ich zu Gunsten Derer, die etwa nur schwache Magnetstäbe oder Hufeisen anwenden können, dafs es vortheilhaft ist, bei der Applikation aufserhalb, den Magnetstab parallel mit *bc* (Fig. 2.) zu halten; oder ihn über *ab* oder unter *cd* so zu halten, dafs er gegen *a* zu vorgreife, um in jedem Fall auf mehrere Punkte des Leiters zugleich zu wirken.

mit sehr genügender Bestimmtheit erhält durch Darbringung des Pols an das Innere des Bogens. Aus diesem Grunde wählte ich auch diese Applikation zur Entwerfung der Figur 8. Anschaulich und mit Umgehung einer weitläuftigen und wegen des steten Übergangs aus Rechts in Links, und aus östlicher in westliche Abweichung, nothwendig sehr verworrenen Phraseologie, giebt diese Zeichnung die Antwort auf alle Fälle, die da vorkommen können bei den Bewegungen der Rotations-Kette; und selbst für die Bewegungen der Boussol-Nadel mittelst einer feststehenden chemisch-magnetischen Kette würde sie sie geben durch blofse Umkehrung der Zeichen, wenn die eigenthümliche dirigirende Kraft der Nadel nicht ganz aufserwesentliche Verwickelungen und Stölirungen nach sich zöge. Zum richtigen Gebrauch dieser Figur denke man sich im Mittelpunkt des Kreises den silbernen Becher einer einarmigen Kette. Vom Inneren des Bechers geht der positive Leiter nach Norden, wie das Zeichen $+E \rightarrowtail N$ andeutet. An der Peripherie des Kreises steht im westlichen Halbkreis geschrieben NM ab, im östlichen NM an. Die Richtung der Pfeile bedeutet dasselbe, und sagt anschaulich aus, dafs sowohl durch Anziehung, als durch Abstofsung, die Bewegung in diesem willkührlich und ohne alle reelle physische Beziehung gewählten Normalpunkt durch östliche Abweichung Statt findet. Dieselben Zeichen wiederholen sich in allen Azimuthen, weil

überall, wo auch die Kette in Ruhe stehen mag, der innerhalb ihres Bogens *bcde* (Fig. 2.) angebrachte Nord-Pol die Anziehung und Abstofsung giebt, wie sie die Zeichen andeuten.

Diese Zeichen braucht man nun blofs in Gedanken umzukehren, (am bequemsten die Strohmpfeile) wenn man wissen will, nach welchem Sinne die Bewegungen geschehen würden, wenn

a) Statt des Nord-Pols der Süd-Pol eines Magnets angewendet wird.

b) Statt den gegebenen Pol innerhalb des Bogens anzuwenden, man ihn blofs aufserhalb anbringt; nach der oben für diesen Fall gegebenen Erklärung, und endlich

c) wenn man von einer zweiarmigen Kette den negativen Pol, das heifst den unmittelbar von der äufseren Fläche des Bechers kommenden Leiter in die Normalstellung nach Norden geführt hat und nun innerhalb dieser Kette den Nord-Pol eines Magnets angebracht hat; auch hier giebt die Umkehrung der Zeichen die Antwort, und zwar für alle Azimuthe und für alle subordinirte Fragen.

Nachdem das Wichtigere geschehen ist durch Bestimmung des Faktischen für die verschiedenen Fälle, die bei den Bewegungen der Rotations-Kette vorkommen können, sollte eigentlich die Frage hier beantwortet werden, wie es mit der Analogie der chemischen Kette, mit den künstlichen Transversal-Magneten nun stehe, da diese den eben abgehandelten

Gegensatz von aufserhalb und innerhalb nicht unmittelbar nachzuahmen vermögen. In der That, man nehme eine transversal gestrichene Uhrfeder, stelle eine Boussol-Nadel darauf, und merke sich die Abweichung der Nadel, die daraus entsteht. Dies sei das Aequivalent des Falles aufserhalb des Bogens. Nun krümme man die Feder und führe sie im Bogen über sich selbst zurück, die Boussole umfassend; (diefs sei der Fall innerhalb des Bogens;) man wird keinen Unterschied in der Abweichung finden; also der bei der chemischen Kette so wichtige Gegensatz von innerhalb und aufserhalb des Bogens, scheint kein Analoges zu finden bei dem künstlich transversal polarisirten Stabe; und folglich wäre die ganze Parallelisirung Beider, ein blofses Spiel gewesen, und zwar ein sehr verderbliches, indem es nur auf Abwege führen könnte. Ich bin so fest überzeugt, dafs der Gegensatz von innerhalb und aufserhalb gerade das wichtigste bei den Phänomenen der chemischen Kette ist, dafs ich davon ausgehe, jede physiche Theorie, welche für diesen Umstand keine Erklärungs-Momente hat, verdiene keine Widerlegung. Wenn ich also dennoch so grofse Erwartungen von einer Parallelisirung der chemisch-magnetischen Kette mit dem transversal gestrichenen Magnet hege, dafs ich trotz allen Skeptizismus mich ermuthigte sie vorzutragen, als eine ernste Widerlegung verdienend, so geschah es wahrlich, weil ich auf diesem,

und zwar nur auf diesem Wege den Gegensatz von innerhalb und aufserhalb begreiflich fand. Gern würde ich sogleich hier zur Auseinandersetzung dieser Ansicht gehen, wenn ich nicht dazu einiger Thatsachen bedürfte, die man erst von der Inklinations- und Azimuthal-Boussole erhält. Um also unbequeme Wiederholungen zu vermeiden, bleibe dieser höchst wichtige Punkt unberührt, bis zum zweiten Abschnitt wo die Konstruktion der transversalen Polarisation eine bedeutende Modifikation erhält, die im dritten Abschnitt noch bedeutender wird. Allerdings mufs dem Leser daran gelegen sein, so früh wie möglich zu erfahren, ob die Parallelisirung mit dem transversalen Magnet den Gegensatz von innerhalb und aufserhalb erreicht oder nicht; im letztern Fall bliebe nichts übrig, als die reinen Thatsachen aus dem folgenden heraus zu suchen, das etwanige von künstlichen transversalen Magneten noch zu sagende getrost zu überschlagen, mit dem Bedauern, sich bis dahin mit einer zu nichts führenden Parallele beschäftigt zu haben.

8. So viel ich bis jetzt finden konnte bei oft wiederholter Prüfung und sehr beweglichen Rotations-Apparaten, wirkt Eine chemisch-magnetische Kette nicht auf die Andere. Ich hing oft zwei derselben nebeneinander auf, und fand nie Anziehung oder Abstofsung, während jede Einzelne ganz entschieden auf den Magnet reagirte. Oft hing ich die Eine auf, und prüfte sie mittelst einer Anderen in

freier Hand gehaltenen, die ich ihr darbrachte ausserhalb und innerhalb des Bogens und an denselben Stellen, wo eben ein schwacher Magnet sehr stark reagirte, aber immer vergebens; ich sah nie eine unzweideutige Bewegung entstehen. Sollte sich dieser Umstand bestätigen, so wäre er von grofser Wichtigkeit; gleichsam als wenn das chemisch bedingte Agens unsrer Versuche noch nicht der Magnetismus selbst wäre, sondern eine Modifikation der Elektrizität, wo sie geeignet wird bei gegebenem und von aufsen einwirkendem Magnetismus in seine Polaritäten einzugreifen. Um dieses nach der Analogie dessen, was wir vom Magnetismus wissen, auszudrücken, müfste man sagen: ein Magnet ist ein Körper, der den Magnetismus nicht fortleiten kann (der ihn isolirt): die Örstedsche Entdeckung lehrt uns nun, dafs ein Metall, welches im gewöhnlichen Zustande den Magnetismus ungehindert leitet, auflört dieses zu thun, wenn und so lange er einen sehr grofsen und höchst gespannten Grad der elektrischen Thätigkeit im elektrisch-chemischen Kreise fortleitet. Bietet man ihm also während dieser Zeit einen Magnet dar, so reagirt er darauf als ein so eben und nur durch diese Annäherung gewordener Magnet. Die Kette wäre also blofs magnetisch polarisirbar, wie Eisen, Nickel und Kobald, jedoch in einem höheren Grade: nicht aber bereits Maguet wie dieselben Metalle nach dem Streichen. Dieser Ansicht ent-

sprechen viele der bereits erwähnten Erscheinungen, und einige Andere, die ich zur Zeit noch übergehe. So z. B. liefse sich erklären, warum der stärkste Magnet die Polarisation der schwächsten Kette nicht umzukehren vermag; sie hätte ja keine eigenthümlich magnetische, sondern nur die durch den Magnet jedesmal gesetzte Polarität. Ferner die Unabhängigkeit der Rotations-Kette von jedem Azimuth. Auch dafs ein Leiter von weichem Eisen, der so eben in der Kette, als sehr stark polarisirt gegen den Magnet reagirte, keine Spur von dieser Kraft mehr zeigt, so wie er aus der Kette getreten ist; das durch elektrische Einwirkung gesteigerte Koerzitiv-Vermögen verschwindet mit der elektrisch-chemischen Bedingung und das Eisen sinkt auf seinen früheren Grad von Koerzitiv-Vermögen zurück. Hätte hingegen, während die Kette geschlossen war, ein wirklicher absoluter Zustand von magnetischer Polarisation Statt gefunden, so ist schwer einzusehen, warum das Eisen bei seinem natürlichen Koerzitiv-Vermögen keine nachhaltigen Erfolge zeigen sollte; und doch habe ich nie etwas davon auffinden können, wenigstens bis jetzt, wenn gleich diese Prüfung ziemlich genau angestellt würde, sowohl in Meridian-Stellung nach Azimuth und Höhe, als im magnetischen Aequator, und auch mit und ohne Magnet. Von der andern Seite aber scheinen die Reaktionen einer starken chemischen Kette auf eine sehr kleine Boussol-Nadel

offenbar zu grofs, als dafs man annehmen könnte, es sei in dieser Kette nur Rezeptivität für die durch die Nadel selbst nnd den tellurischen Magnetismus bewirkte Polarisation. Sehr lehrreich kann es werden, Eins der Metalle, die kein natürliches Koerzitiv-Vermögen haben, mit einem Magnet zu streichen, während es in der geschlossenen Kette liegt. Zwar habe ich dieses versucht ohne allen Erfolg, jedoch nach damaliger noch sehr beschränkten Einsicht durch longitudinales Streichen; aber nur das transversale kann interessante Resultate geben. Endlich scheint eine von aller äufseren Einwirkung unabhängige magnetische Polarisation der chemischen Kette offenbar erwiesen durch die Figuren die man erhält, wenn man den schliefsenden Leiter einer elektrisch-chemischen Kette mit einem sehr glatten Papier bedeckt, und darauf einen möglichst fein triturirten und laevigirten Staub von Eisen, mittelst eines sehr zart gewebten Mousselin leicht übersiebt, und dann durch sehr gelinde Erschütterungen der Bildung der Figuren zu Hülfe kömmt. Der Leiter mufs schmal sein, und die Ladung möglichst stark; aber selbst dann hält es schwer die magnetischen Figuren zu erzeugen, und wahrscheinlich wäre es mir nicht gelungen, ohne die gefällige Hilfe des Herrn Rendant Schneider, der diese Prüfungsmethode sehr wesentlich verbessert hat und mit ungemeiner Dexterität anzuwenden versteht. Sein Eisen ist so zart,

dafs, in Oehl schwebend, und über einen Magnet gestellt, die feinsten Eisen-Dendriten gleichsam krystallisiren, ohne dafs etwas daneben zu Boden falle. Auch gelingt es ihm, die erzeugten Figuren mit ihrem feinsten Detail abzuklatschen und auf Papier zu fixiren. Ein solches *Fac simile* konnte jedoch vor der Hand nicht entnommen werden von den noch zu unvollkommenen magnetischen Figuren des chemisch-elektrischen Leiters, der uns zu neu ist, um die Vortheile bei seiner Behandlung gehörig zu kennen. Ich begnüge mich daher zu bemerken, dafs die Figuren viel Aehnlichkeit im wesentlichen hatten mit Fig. 11. welche Brugmans*) von einem parallel transversalen Magnetstab erhielt. Die Folge wird zeigen wie wichtig es ist, dafs wir Mittel finden, möglichst scharf bestimmte magnetische Figuren unsern elektrischen Leitern abzugewinnen. Auf jeden Fall beweist die Erzeugung der magnetischen Figuren, dafs der chemische Leiter fähig ist unmagnetisches Eisen anzuziehen in allen Azimuthen, und dafs er also als ein fertiger, nicht blofs virtueller Magnet zu betrachten ist; und da bekanntermafsen die einzelnen Reihen von Eisenstaub, woraus die Züge der magnetischen Figuren bestehen, wirkliche aggre-

---

*) S. Philosophische Versuche über die magnetische Materie von A. Brugmans, übersetzt von Eschenbach. Leipzig. 1784. Die Stelle über transversale Magnet-Stäbe und über ihre Erzeugung durch Elektrizität, findet man S. 171 und folgende.

girte Magnete sind, und sich auf alle Weise als solche zeigen, wenn man sie von gehöriger Masse und Intensität aus der Kette hebt, und auf tellurische Richtung, so wie auf Anziehung und Abstofsung gehörig prüft, so ist kein Zweifel, dafs bei kräftigen Apparaten auch gröfsere Eisenmassen mit dem chemischen Leiter nach dem Sinne der transversalen Polarisation behandelt, in wirkliche Magnete sich verwandeln werden. Diese Klasse von Untersuchungen verspricht sehr wichtige Ausbeute. Uebrigens ist die Ansicht, dafs der chemische Leiter seine magnetische Polarisation erst überkomme von dem dargebotenen Magnet, auf welchen er reagirt, zum Ueberflufs noch widerlegt durch den Umstand, dafs wenn man einen Magnetstab in den galvanischen Bogen mit aufnimmt, die normalen Reaktionen der chemischen Kette auf eine gehörig entfernte Boussol-Nadel nicht wesentlich geändert werden, man mag den Stab wenden wie man will. Der chemische Leiter hat also eigenthümliche magnetische Polarisation; und wenn demnoch der stärkste Magnet diese Polarität nicht umzukehren vermag, so mufs der Grund davon in der steten Erneuerung derselben Bedingungen während des elektrisch-galvanischen Prozesses zu suchen sein, wodurch trotz aller äufseren Stöhrungen in jedem Augenblick dieselbe Vertheilung der Kräfte wieder eingeführt oder fest gehalten wird.

Der erste Abschnitt dieser nach einem hypothetischen Leitfaden, als nothwendiges Uebel zur besseren Uebersicht, geordneten Thatsachen, führte uns zur Konstruktion des Leiters nach dem Sinne seiner Brćite allein, als einfacher parallel transversaler Magnet. Der zweite Abschnitt enthält die Betrachtungen, die sich mehr auf die Polarisation des chemischen Leiters nach Längen- und Breiten-Dimension zusammen beziehen; im dritsen kommen diejenigen Thatsachen hinzu, welche vorzüglich von der dritten Dimension abhängig sind. Diese widernatürliche Trennung von Bedingungen, die nie vereinzelt da sind, schien einige Vortheile darzubieten, und kann gewissermafsen nicht vermieden werden; sie hat aber das sehr unbequeme, dafs man Mühe haben wird, die Idee des Leiters in diesen drei Evolutions-Stufen als identisch zu verfolgen, und sich daran stofsen wird, dafs die Raupe noch nicht der Schmetterling, und der Schmetterling nicht mehr die Raupe zu sein scheint. Auch wird es scheinen, dafs in jedem Abschnitt ein etwas einseitiger Nachdruck gegeben wird den an der Ordnung seienden Momenten, um ihnen vorweg die möglichst ausgedehnten Anwendungen abzugewinnen, welche späterhin bedeutende Einschränkungen finden. Diese und viele andere Mängel in der Form und in der Materie dieser Trilogie empfehlen sich der Geduld und der Nachsicht des Lesers auf den Grund der Neuheit und der un-

gemeinen Schwierigkeit des Gegenstandes. Da die hier skizzirte Ansicht der physischen Erscheinungen des chemischen Magnetismus so weit wir sie zur Zeit kennen, bei mir wirklich nach der Reihenfolge der Untersuchungen entstand, wie sie die drei Abschnitte aussprechen, so hielt ich mich gleichsam verpflichtet, dieselbe Anordnung in der Darstellung beizubehalten, denn es ist um vieles leichter die Paralogismen einer Theorie aufzufinden und aufzudecken, wenn man den Ideengang genau kennt, der den Verfasser leitete oder verleitete.

II^ter Abschnitt.

Beobachtungen an der Inklinations-Boussole.

Ich hatte den Vortheil, zu diesen Beobachtungen eine sehr gute, nach *Le Noir* konstruirte, Bordasche Neigungs-Boussole anzuwenden, die geeignet ist die Kraft-Äufserungen in den verschiedenen Kombinationen durch die Anzahl der Schwingungen zu messen. Vor der Hand soll aber nur von der Art der Wirkungen die Rede sein, und das Quantitative nur beiläufig durch Grade des im Mittel durchlaufenen Bogens ausgedrückt werden, und zwar nur für den Punkt gerechnet, wo die Nadel beharrlich stehen bleibt; denn der erste Impuls bei Schliefsung der Kette beträgt gewöhnlich das Drei- bis Vierfache dieser beharrlichen Elongation, die aber selbst nachher allmählich abnimmt, jedoch langsamer. Die Neigungs-Boussole stelle man mittelst ihrer Schrauben und Libelle auf einen Tisch, dessen Platte sich wagerecht in jedem Azimuth drehen läfst, um ohne anderweitige Stöhrung die Boussole mit dem ganzen elektrischen Apparat als ein einziges System nach allen Richtungen gemeinschaftlich drehen zu können. Die vordere Glaswand des Instruments

ist herausgehoben: ein Metallstreifen wird an die innere Seite der hintern Glaswand so angebracht, dafs man ihn in jede beliebige Neigung bringen kann, alſo entweder parallel mit der Nadel, oder sie in verschiedenen Winkeln schneidend, und namentlich im Rechten, wo der Leiter die Nadel in zwei gleiche Theile schneidet, von welchen er in gleicher und möglichst grofser Entfernung sich befindet. Dieser Leiter hat an jedem Ende vorspringende Theile, an welche man die von einem grofsen, mit verdünnter Salz-Säure angefüllten silbernen Becher kommenden Zuleiter befestigen kann. Weder der Leiter noch die Zuleiter dürfen den Limbus oder irgend einen metallenen Theil der Bousole berühren, um partielle und anomale Schliefsungen zu vermeiden. Diese Kombination heifse mit einem Leiter. Man giebt die mit zweien, wenn man parallel mit dem ersten, noch einen zweiten anbringt, so dafs die Nadel zwischen beiden spielt; alsdann werden diese zwei Leiter entweder an ihren oberen, oder an ihren unteren Enden verbunden, und die entgegengesetzten freistehenden Enden mit den Zuleitern der Kette in Verbindung gebracht. Man sieht ein, dafs es sowohl für die Kombination mit einem als mit zwei Leitern, eine grofse Anzahl von Disjunktionen giebt, nach dem Azimuth worin die Nadel selbst steht, ob im magnetischen Meridian, oder senkrecht auf ihn; nach dem Azimuth, worin der eine Leiter vor ihr steht; nach der

Lage des vom positiven Metall kommenden Zuleiters, ob er angebracht ist oben, das heifst vor die südliche Hälfte der Nadel, oder nach unten, vor die nördliche Hälfte. Auch ist bei zwei Leitern die Disjunktion wichtig, ob die Krümmung des Bogens nach oben, oder nach unten, und ob sein mehr positiv-elektrischer Schenkel in einem gegebenen, oder im entgegengesetzten Azimuth stehe. Dies sind vor der Hand die Hauptmomente der Untersuchung, welche die wichtigsten Aufschlüsse über den elektrisch-chemischen Magnet geben; nicht etwa dafs die durch tellurische Beziehungen qualifizirten Azimuthe und Neigungen ihr Analoges bei den elektrisch-chemischen Magneten hätten: wir haben gesehen, dafs beim Rotations-Apparate nichts davon wahrnehmbar ist, und eben so ist es hier; sondern weil die Art der Wirkungen auf die tellurisch bestimmte Nadel, deren Mechanik wir kennen, geeignet ist, uns die Richtung und Vertheilung der zwei Thätigkeiten am elektrisch-chemischen Magnet deutlicher und in einem etwas gröfseren Detail zu geben, als es die Rotations-Kette vermochte.

Einige tabellarische Zusammenstellungen (siehe die angehängten Tabellen I. und II.) sind bestimmt den Ueberblick dieser Modifikationen der Neigung durch den chemischen Magnet zu erleichtern. Überall ist die Angabe der modifizirten Neigung von den Bewegungen des sogenannten nörd-

lichen, das heifst, des nach unten gerichteten Theils der Nadel entnommen; dafs diese Hälfte von Andern und zwar mit Recht die südliche genannt wird, ist zwar oben bemerkt worden, hier ist aber der Ort, die unangenehmen Folgen dieses Zwiespalts des Sprachgebrauchs anschaulich zu machen; denn von allen unseren Bestimmungen ist das entgegengesetzte zu sagen, wenn man die andere Nomenklatur gewählt hat; wer also Resultate von verschiedenen Beobachtern aufnimmt, ohne die wegen dieses Umstandes nöthige Korrektion anzubringen, geräth in eine grenzenlose Verwirrung; das ärgste hierbei ist, dafs man bei einzelnen Beobachtungen in der Mehrheit der Fälle nicht weifs, ob man die Korrektion anwenden müsse oder nicht, denn meistens setzt Jeder stillschweigend voraus, dafs sein Sprachgebrauch ausschliefslich gelte. Gerade gegen eine solche Verwirrung hatte man zu kämpfen in der zweiten Periode des Galvanismus; was der eine den Kupfer-Pol nannte, war dem andern der Zink-Pol; und sprach er von dem positiven Metall in der Säule, so meinte er das negative Metall des andern, und so ist es zum Theil noch. Was die in den Tabellen beigefügten Zahlen betrifft, so ist schon bemerkt worden, dafs sie nur die Elongation im Bogen bedeuten, wo die Nadel stationär verblieb; nicht aber die drei- bis vierfache Elongation der Oszillationen des ersten Impulses. Leicht hätte man durch stärkere Säure

viel gröfsere Bogen für den beharrlichen Stand der Nadel erhalten können; ich begnügte mich jedoch mit den geringeren, die bei den Dimensionen der Nadel unzweideutige Bestimmtheit geben, *) und ich vermied geflissentlich starke Entwickelung von sauren Dämpfen in der Nähe des kostbaren und zarten Instruments ohne Noth zu veranlassen. Auch ist bei Anwendung von starker Säure der Auflösungs-Prozefs zwar anfangs sehr energisch, und bedingt sehr bedeutende Modifikationen der Neigung; aber die Sättigung variirt um so schneller und man hat kaum die Zeit nur zwei einigermafsen vergleichbare Versuche anzustellen. Füllt man aber den silbernen Becher mit mehr verdünnter Säure, so ist die absolute Kraft zwar geringer, aber sie ist etwas gleichförmiger. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs wenn man nur gewissermafsen quantitativ vergleichbare Resultate erhalten will, man die Zinkmasse nur gerade für den Augenblick der Beobachtung der auflösenden Säure aussetzen müsse.

Die Beobachtungen an der Inklinations-Bousole bilden zwei Klassen, je nachdem die Nadel in einer auf den Meridian senkrechten Ebene, oder in der Ebene des Meridians selbst schwingt.

---

*) Die Nadel, die zu diesen Versuchen angewendet wurde, ist 8 Zoll, 6,5 Linien Pariser Maafs lang, und wiegt 184,8 Gran.

A. Beobachtungen an der die Ebene des Meridians senkrecht schneidenden Inklinations-Boussole.

Diese Stellung der Nadel ist gleichsam widernatürlich, die tellurischen Kräfte sollizitiren sie in der Richtung Süd-Nord; in dieser Ebene kann sie sich aber nicht bewegen durch ihre Konstruktion, sie ist nur beweglich in der Ebene Ost-West, und dahin sollizitiren sie keine Kräfte. Aber gerade dieser Umstand giebt den Erfolgen der Applikation eines chemischen Magnets in dieser Stellung viel mehr Klarheit und Anschaulichkeit, als in der Meridian-Stellung. Bekanntlich richtet sich eine Neigungs-Nadel, die den magnetischen Meridian rechtwinklich schneidet, senkrecht auf den Horizont. Bringt man nun im Süden derselben einen Transversal-Magnet parallel mit ihr und man sieht den Nord-Pol der Nadel einen Ausschlag nach Westen geben, so ist einleuchtend, dafs dieser Magnet seine nördliche Seite in Osten, seine südliche in Westen hat. Nicht ganz so klar ist die Aetiologie der Erscheinungen in der Meridian-Stellung. Bringt man in dieser einen chemischen Magnet vor die ihren Nord-Pol beiläufig 70 Grad unter den Horizont neigende Nadel und findet in einer Kombination diese Neigung vermindert, in einer andern vermehrt, so scheint der Fall mehr zusammengesetzt und minder anschaulich; es ist mehr Raum für dunkele Vorstellungen. Da die Wirkungen in der Richtung der tellurischen Thätigkei-

ten geschehen, so könnte man eher eine tellurische Modifikation des Leiters selbst vermuthen: kurz, die Erfahrung hat mich gelehrt, dafs es vortheilhafter sei, die Prüfungen der Nadel in der auf den Meridian senkrechten Stellung vorangehen zu lassen.

Von den vielen Kombinationen die möglich sind bei dieser Prüfung und die ich vollständig zu machen suchte, erwähne ich nur die wichtigsten, um der Idee von „nur Umrissen" treu zu bleiben und stelle sie auf in der Form einer Tabelle, die nur der zusammengedrängte Auszug ist einer viel vollständigeren, die ich für mein Studium entwarf. Überall wird angenommen, der untere so genannte Nord-Pol der Nadel spiele ein in 90 Grad; die Quantität der durch den chemischen Leiter bedingten Modifikation wird für jede der zwei Klassen durch die in den besondern Fällen beiläufig gleiche Elongationen des Nord-Pols von der senkrechten ausgedrückt, ob er nemlich von dem dargebrachten Leiter sich entfernend nach Osten oder nach Westen den Ausschlag gab.

Betrachten wir diese Tabelle, (No. I.) so leuchtet ein, dafs Einer ihrer Gegensätze kein reeller ist, sondern nur entstand durch Mangel der Bezeichnung, welche eine Identität in der Wirkung, durch zwei entgegengesetzte Benennungen ausdrückte. Dieser Gegensatz ist der: Leiter in Süden und Leiter in Norden. In der That, wenn z. B. der Leiter

im Süden der Nadel steht und es entfernt sich der Nord-Pol der Nadel von dem westlichen Rande des Leiters nach Westen hin, so bleibt dieselbe Relation von Abstofsung in allen Azimuthen, wie wir von der Rotations-Kette her wissen, und wie wir auch hier sehen, wenn wir, während die Kette geschlossen bleibt, das ganze unverrückte System von Nadel und Leiter, gemeinschaftlich im Azimuth drehen. Ist aber das System um 180° gewendet worden, so heifst der Rand des Leiters, der früher der westliche war, nunmehr der östliche, und folglich die unverändert gebliebene Richtung der Elongation der Nadel heifst nun eine östliche. Bis jezt ist also nichts hinzugekommen zu dem, was uns der Rotations-Apparat lehrte.

Hingegen aber ist die Disjunktion + *E* Oben + *E* Unten ganz neu, und wie wir sehen von der entschiedensten Wichtigkeit, da sie sowohl für einen Leiter, als für den Bogen von zwei Zweigen immer ein wahres, reelles, nicht wegen des Sprachgebrauchs scheinbares Entgegengesetztes bedingt. Es wird sich zwar finden, dafs diese auf die Lage des positiven oder negativen Metalls in der Kette sich beziehende Disjunktion, die hier durch + *E* Oben + *E* Unten ausgedrückt wird, allerdings schon bei der Rotations-Kette vorkam, da sie es ist, die wenigstens zum Theil den Gegensatz zwischen innerhalb und ausserhalb des Bogens bedingt; aber man wird sich erinnern dafs

wir im ersten Abschnitt den Faden der Untersuchung mit Vorsatz abrissen, als wir zu diesem Gegensatz gelangt waren. Hier ist der Ort wieder anzuknüpfen und einen Schritt weiter zu gehen.

Der Sinn der Disjunktion + *E* Oben + *E* Unten in der Tabelle mufs vor allen Dingen erklärt werden. Man stellt den Versuch so an, dafs wenn der Leiter hinter der Nadel steht, gleichviel in welchem Azimuth, man den Zuleiter der unmittelbar vom Zink im Innern des Bechers (dem positiven Faktor) herkommt, am obern Theile des Leiters, also der südlichen Hälfte der Nadel gegenüber befestigt; den Zuleiter von der negativen oder Silberseite aber am untern Theil des Leiters, das heifst, dem Nord-Pol der Nadel gegenüber anbringt, und nun die Kette schliefst. Man merke sich die Richtung nach welcher die Nadel ausweicht. Nun kehre man die Vertheilung der Zuleiter um, so dafs derjenige, der früher oben war, nun unten steht; so wie man alsdann schliefst, ist die Richtung der ausweichenden Nadel die Entgegengesetzte der Vorigen. Dieselbe Umkehrung findet Statt in allen Azimuthen. Zwar können wir zur Zeit noch nicht mittelst des Elektrometers nachweisen, dafs in dem Theil des Leiters, der der innern Fläche des Bechers näher liegt, ein Vorwaltendes + *E* und am Entgegengesetzten ein Vorwaltendes — *E* Statt findet; da wir aber finden dafs die dem positiven Metall näher lie-

gende Strecke überall ganz andere Erscheinungen giebt als die dem negativen näher liegende, so ist die Benennung + *E* Oben + *E* Unten Einmal rein faktisch, indem sie nur die Thatsache ausdrückt, dafs der vom positiven Metall kommende Theil des Leiters den Nord-Pol der Nadel anders affizirt als der vom negativen Metall kommende; Andrerseits aber ist es doch mehr wie wahrscheinlich, dafs diese spezifische Eigenschaft beider Theile des Leiters in einem bestimmten ursachlichen Zusammenhange ist mit dem Umstande nach welchem sie sich ausschliefslich richtet; und dafs man also vollen Grund hat zu behaupten, der Theil, der so eben vom positiven Metall kommt, und eine gewisse spezifische Thätigkeit nur äufsert, weil und insofern er vom positiven Metall mehr als vom negativen herstammt, übe diese Thätigkeit auch nur weil er der positiven elektrochemischen Thätigkeit in einem höheren Grad theilhaftig ist als der vom negativen Metall herstammende Theil des Leiters.

Der gleichförmig, parallel mit seinen Seitenflächen gestrichene Transversal-Magnetstab, kann diesen Gegensatz nicht nachahmen, denn er ist sich überall gleich in jedem seiner transversalen Elemente. Jede seiner Ordinaten hat gleich viel + *m* und — *m*; wendet man ihn also ohne seine Verhältnisse im Raum anderweitig zu ändern als nur dahin, dafs die transversalen Ordinaten die

früher unten standen nun oben stehen, so ist die vollkommenste Identität in der Konstruktion evident und im Versuch faktisch.

Da jedoch einerseits der parallel-transversale Magnet ohnstreitig sehr viele Analogien mit dem eleksrisch-chemischen bis hieher zeigte, und da andrerseits die Frage von uns noch gar nicht zur Sprache gebracht wurde: Wie kann in der Realität ein transversal-bipolarer-elektrisch-chemischer Leiter entstehen, so können hier zwei Fragen zugleich abgehandelt werden; die Erste: wie müfste ein transversal-polarisirter Leiter gedacht werden, um nicht nur allen übrigen vorher erwähnten Erscheinungen zu entsprechen, sondern auch der hinzugekommenen Disjunktion von Oben und Unten, die auch das wesentliche Element enthält für den Gegensatz von Innerhalb und Aufserhalb; die Zweite: durch welche uns bekannte Eigenschaften des elektro-chemischen Agens läfst sich die transversale Bipolarität des Leiters in der Kette denkbar machen; und sollte vielleicht der anerkannte Mechanismus der chemischen Elektrizität gerade nur die Modifikation der transversalen Bipolarität die dem Erfolge genügt, zulasssn und keine andere.

Die erste dieser Fragen ist leicht zu beantworten. Man könnte offenbar die Disjunktionen von Oben und Unten, mit einem Stahlstab vollkommen darstellen, wenn er so gestrichen wäre, dafs er zwar an je Einer seiner Seitenflächen blofs nördliche,

an der Entgegengesetzten blofs südliche Polarität, aber in jeder seiner transversalen Linien (Ordinaten) beide Thätigkeiten in reziprok verschiedenen Ausbreitungen vertheilt erhalten hätte. Fig. 9. stellt im Wesentlichen diese Modifikation der transversalen Polarisation dar. In AB überall $+ m$ in CD überall $- m$. Aber die Grenze, welche die Null-Punkte aller transversalen Elemente enthält, bildet eine Linie, die die Richtung der Axe schneidet, die weder parallel und in gleicher Entfernung mit den Seitenflächen läuft, weder die Diagonale selbst des Parallelogrammes der Fläche ist, und die wir die Diagonaloide nennen möchten. Der Sinn dieser Konstruktion ist, dafs in AC die tranversale Polarisation der Ordinate die Strecke eC negativ hat, die Strecke Ae positiv, in BD ist es umgekehrt, die gröfsere Strecke Bf ist positiv, die kürzere fD negativ. Diese reziprok ungleichförmige Vertheilung läuft fort längs dem ganzen Stabe; so wie wir uns von BD dem vorwaltenden positiven Pol, entfernen, nimmt in jeder folgenden Ordinate die positive Thätigkeit an Ausbreitung ab, und die negative zu; bis zum entgegengesetzten Ende AC wo wir das Maximum der negativen mit dem Minimum des positiven finden. Es möchte vielleicht schwer genug sein einen Stab, oder besser noch eine breite Uhrfeder, so zu streichen, dafs sie diese diagonaloide Polarisation wirklich zeigte; aber unmöglich darf es nicht sein. Vor der Hand halten wir uns an der Idee und an

dem Bilde dieser Konstruktion, und untersuchen, welche Bewegungen ein solcher diagonaloïder Magnet der Inklinations-Nadel geben würde, in Beziehung auf die Disjunktion Oben und Unten, bis wir weiterhin für die anderen Disjunktionen dasselbe thun.

Stellen wir in Gedanken den diagonaloïden Magnet so hinter die Nadel, dafs BD nach Unten stehe, so wird der mehr nördliche Theil Bf, der Ordinate, den Nord-Pol der Nadel nach der entgegengesetzten Richtung hintreiben, wo ihn zugleich die Anziehung des südlichen Theils fD hinzieht; dasselbe gilt umgekehrt für die südliche Spitze der Nadel. Wendet man nun den Stab um, so dafs mit Beibehaltung aller vorigen Richtungen blofs BD nach Oben AC nach Unten stehe, so erfolgt offenbar die Sollizitation der Nadel nach der entgegengesetzten Richtung. Wir hätten demnach den Gegensatz von + E Oben + E Unten denkbar gemacht, durch die Annahme einer nicht blos transversalen, sondern diagonaloïden-transversalen Polarisation des chemisch-elektrischen Leiters.

Es soll nun der Versuch gemacht werden, die zweite Frage zu beantworten, das heifst, die physische Ursache nachzuweisen, welche den chemisch-galvanischen Leiter mit diagonaloïder Polarität darstellt. Wenn ein unvollkommener Leiter die galvanische Kette schliefst, so finden wir ihn longitudinal-bipolarisch, das heifst, das Elek-

trometer zeigt uns nach dem Sinn seiner Länge, die Hälfte, die dem positiven Metall zunächst liegt positiv - elektrisch, die entgegengesetzte negativ; in der Mitte ist ein Punkt der Indifferenz: die Intensität jeder der beiden Thätigkeiten nimmt in gleichem Verhältnisse ab vom Ende gegen den Mittelpunkt oder o Punkt. Fig. 10. ist das dynamische Bild eines solchen elektrisch-longitudinal-bipolaren Leiters: je mehr nun die Leitungsfähigkeit eines Leiters zunimmt, je undeutlicher wird diese Bipolarität; am Ende verschwindet sie ganz, und zwar, was sehr zu bemerken ist, der chemische Prozefs nimmt zu wie die wahrnehmbare Longitudinal-Bipolarität abnimmt, so dafs endlich bei einem metallenen Leiter durchaus keine Spur davon wahrnehmbar ist. Aber gerade dann tritt der innigste Konflikt von positiv und negativ im Chemismus ein; offenbar mufs der Körper, der ihn vermittelt, Theil daran nehmen, denn nur und in so fern er die Ströhmungen oder Spannungen (auf das Bild kommt es hier nicht an) beider Thätigkeiten mit gleicher Energie neben einander trägt oder beschleunigt, bedingt er die volle Energie der chemischen Wirkungen. So lange der Konflikt beider Thätigkeiten dauert, mufs nothwendig der gemeinschaftliche Leiter und Vermittler derselben auf irgend eine Weise Theil daran nehmen. Weil wir aber an seinen Längen-Dimensionen wo wir ausschliefslich suchten, den elektrisch-polaren Gegensatz nicht

mehr nachweisen konnten, sagten wir damals, sein Zustand sei alsdann Null *E*, ohne doch begreifen zu können, wie o *E* am Leiter sein könne gerade während der ungestühmste Gegensatz beider Thätigkeiten durch ihn und an ihm bedingt wurde. Örsted hat uns den Staar gestochen, er hat gezeigt, wie viel daran fehlt, dafs der schliefsende Metall-Leiter o *E* sei; er hat gezeigt, dafs an jedem Punkt seiner Longitudinal-Dimension der ganze Gegensatz zugleich da ist, und zwar mit einer Spannung, die zu erwarten ist, wenn zwei so nahgerückte und so kräftig sich Anziehende doch unaufhörlich getrennt bleiben müssen. Dafs Örsted von der Magnet-Nadel ablas, was uns noch kein Elektrometer angegeben hat, es sei weil wir es nicht gehörig befragt haben, oder vielleicht weil es dieses nicht mehr angeben kann; dafs ihm vorbehalten war, zuerst die Umwandelung der Elektrizität in ein *x*, oder in den Magnetismus selbst zu erblicken, ist nebenbei ein ganz überschwenglicher Glückswurf; in den nächsten tausend Jahren wird so leicht keiner einen ähnlichen thun.

Wenn also eine elektrische Bipolarität bei dem metallenen Bogen der Kette physisch entstehen soll durch eine bestimmte Beziehung auf ihre zwei Pole (das positive und das negative Metall) und wenn zugleich diese Bipolarität faktisch verschieden ist von der longitudinalen, so kann diesen gleichsam widersprechenden Bedingungen nur durch die Kon-

struktion der diagonaloïden Polarisation Genüge geleistet werden. In Fig. 9. sei BD der unmittelbare Berührungspunkt des Leiters mit dem positiven Metall; so ist selbst hier die positive Thätigkeit nicht ausschliefslich gegenwärtig, (sonst müfste daraus Longitudinal-Bipolarität, und Hemmung des chemischen Effekts entstehen), sondern der überschwenglich gute Leiter überträgt selbst bis hierher einen zwar geringen und dynamisch zurückgedrängten Antheil des dem entgegengesetzten Ende entsprechenden negativen Effekts. An diesem Endpunkte BD ist also das transversale Element eine aus der intensiveren positiven Thätigkeit Bf, und aus der viel geringeren, minder verbreiteten negativen fD, zusammengesetzte Ordinate. Dasselbe entgegengesetzt genommen, gilt für den vom negativen Metall kommenden Endpunkt AC, und wie wir uns von jedem dieser Extreme entfernen, nimmt der Werth des Pols von dem wir kommen ab, der des Pols zu dem wir gehen nimmt zu; aber überall ist transversale Bipolarität, überall ist bestimmt, dafs irgend eine Seitenfläche den positiven, die andere den negativen Werth ganz haben mufs, wie wir es bei den Phänomenen der Rotations-Kette, und namentlich bei den Oszillationen zwischen zwei Magnet-Polen sahen. In der Voraussetzung nun, (die jetzt faktisch erwiesen ist) dafs in dieser Kombination $+E$ und $-E$ eine bestimmte Beziehung auf $+m$ und $-m$ bekommen,

begreifen wir die absolute Unmöglichkeit eine Azimuthal-Boussol-Nadel irgend wo auf den chemisch-polarisirten Leiter zu stellen, ohne dafs sie eine Abweichung oder Sollizitation zur Abweichung bekomme, den einzigen Fall ausgenommen, wo eine tellurisch-dirigirte Nadel senkrecht die beiläufige Mitte der Diagonaloïde schneidet. Wir haben jedoch noch zwei sehr wichtige Betrachtungen über die Konstruktion der Diagonaloïdal-Polarisation anzustellen, ehe sie allen Umständen der Wahrnehmungen entspricht. Zuerst mufs man sich wohl hüten, sie so zu nehmen als wenn sie sich lediglich auf die Oberfläche des Leiters bezöge, gleichsam als wenn Fig. 9. einen die Kette von Pol zu Pol schliefsenden Metallstreifen vorstellte und weiter nichts. Es ist vielmehr hier die Rede von Kräften, die anziehend und abstofsend von dem Leiter aus in die Ferne wirken; so dafs die Figur nicht blofs den Sitz und die Vertheilung dieser Kräfte an der Fläche des Leiters darstellt, sondern die Vertheilung und Richtung dieser Kräfte innerhalb des ganzen den Leiter umgebenden Raumes bis dahin, wo die Wirkungen sich erstrecken; Fig. 9. mufs daher gedacht werden als vorstellend einen Längen-Durchschnitt des Leiters sammt seiner ganzen Wirkungssphäre, so dafs die Ordinaten die Richtungen und relativen Intensitäts-Abstufungen beider Thätigkeiten ausdrücken, wie und bis wohin sie vom Leiter ausgehen. Man mufs sich also für jeden einzelnen Fall

andere Dimensionen denken, so dafs mit der gröfseren Energie des chemischen Prozesses, die Breiten-Dimension zunimmt. Dieses ist von sehr grofser Wichtigkeit, wenn man einen diagonaloïd-gefärbten Papierstreifen anwendet, um Fälle des elektrisch-chemischen Magnetismus graphisch vor oder nach zu konstruiren; eine Methode die ich nach meiner Erfahrung sehr empfehlen kann. So genommen wird man einsehen, wie die Konstruktion eben so auf einen zylindrischen auch noch so dünnen Drath, als auf einen Metallstreifen pafst, wenn einer oder der andere zur Schliefsung der Kette angewendet wird. Die Figur welche die diagonaloïde Polarisation auf dem Papier ausdrückt, ist also gleichsam der Durchschnitt der Wirkungssphäre, die den Leiter beiläufig als Zylinder nach allen Seiten umgiebt. So sehr sich dieser Sinn des Diagramms gleichsam von selbst versteht, wenn von elektrischen und magnetischen Anziehungen und Abstofsungen die Rede ist, so nöthig war es doch daran zu erinnern, um einen möglichst deutlichen Uebergang zu der zweiten Betrachtung zu gewinnen, welche vor der Hand die letzte aber auch die bedeutendste Schwierigkeit betrifft, auf die wir im Zyklus der Erscheinungen des I. und II. Abschnitts stiefsen.

Die Konstruktion der diagonaloïden Polarisation vertheilt die beiden entgegengesetzten Kräfte so, dafs sie den zwei Bedingungen genügt, dafs überall beide Thätigkeiten gegenwärtig seien, aber

mit zunehmenden und abnehmenden Intensitäten, je nachdem man vom Entstehungspunkt der einen zu dem der andern übergeht. Aber es leuchtet ein, dafs wenn die Konstruktion (Fig. 9.) die Vertheilung der Kräfte innerhalb der Wirkungssphäre eines metallenen galvanischen Leiters, nach den Dimensionen der Länge und Breite bestimmt, sie die dritte Dimension ganz unbestimmt läfst. Stellt nemlich die Hälfte *ABfe* die positive elektrische Thätigkeit vor, so bleibt unbestimmt, ob ich sie mir in der Realität denken soll als über oder als unter der negativen, zur Rechten oder zur Linken derselben laufend. Die Konstruktion pafst also nur auf die Voraussetzung, dafs in der Natur ihre Lage eben so gleichgültig sei, und dafs es sich bald so, bald so verhält, je nachdem in jedem individuellen Versuch gewisse aufserwesentliche Bestimmungen (genannt Zufall), es gerade für den vorliegenden Fall bestimmen. Aber in der Realität ist es ganz anders: die gröfste Konstanz herrscht unwiderruflich auch in Hinsicht auf diese dritte Dimension, wie wir schon bei den Erscheinungen des Rotations-Apparat sahen. Ein elektrisch polarisirter Leiter mit $+E$ unten im Süden einer Neigungs-Nadel stehend, treibt die nördliche Spitze derselben immer nach Osten und wie man auch das System drehen mag, immer behält die abstofsende Thätigkeit dieselbe Relation im Raume zur Spitze der Nadel. Wollte man daher die Bewegungen der Nadel in

allen diesen Fällen anschaulich machen mittelst eines diagonaloïdal gefärbten Streifens Papier, so müfste man damit anfangen, ihn nach der Tabelle in dieser eben erwähnten und als normal anzunehmenden Kombination so zu stellen, dafs die schwarz gefärbte Seite, wenn sie als das nördliche abstofsend gedacht wird, zur Linken der Nadel zu stehen komme; von da aus würde der graphische Repräsentant des Leiters in allen übrigen Stellungen und Kombinationen wahre Resultate geben. Aber die reine Willkührlichkeit dieser Bedingung wird einem Jeden sogleich auffallen, denn nach dem bis jetzt gesagten, bestimmt uns noch kein physischer Grund den Papierstreifen nicht umgekehrt angelegt zu denken, so dafs die positive Thätigkeit ihren Sitz auf der rechten Seite angewiesen bekäme, wodurch statt der faktischen östlichen Abweichung eine westliche bestimmt würde. Mit andern Worten, dasselbe genauer ausgedrückt hiefse so: wenn Fig. 9. der Durchschnitt eines Zylinders ist, der die elektrische Wirkungssphäre eines transversal-bipolaren Leiters vorstellt, so lehrt uns allerdings das so eben gesagte, durch diesen Zylinder einen Schnitt zu führen, der durch die Diagonaloïde repräsentirt wird; sie bestimmt aber bis jetzt diesen Schnitt nur nach zwei Koordinaten; die dritte bleibt unbestimmt, und daher sind wir berechtigt, dem als Versinnlichungs-Mittel gebrauchten Diagramm jede beliebige Lage zu geben, weil nach den bisherigen Bedingungen der Kon-

struktion die Ebene, die senkrecht auf die Diagonale steht, jede Stellung im Raume bekommen kann. So ist es aber durchaus nicht in der Natur, die dritte Koordinate ist da eben so scharf bestimmt, wie die zwei anderen. Wenn es bei dieser Willkührlichkeit bliebe, wenn wir von den bekannten Eigenschaften der elektrischen Thätigkeiten nicht wenigstens eine Approximation ableiten könnten, für die Richtung welche die dritte Koordinate in der Realität hat, so versteht sich von selbst, dafs die Konstruktion des diagonaloïden elektrischen Magnets uns nicht viel geholfen hätte die Erscheinungen zu begreifen, denn jede Theorie, die eine Willkührlichkeit an die Spitze stellt, ist keine physische, und zerfliefst in ihrem Nichts. Nun aber scheint mir dieses mit der gegenwärtigen doch nicht der Fall zu sein, denn wir liefsen bis jetzt zwei sehr wesentliche Elemente ganz aus der Acht, und zwar mit Vorsatz, um den Thatsachen nicht vorzugreifen. Diese zwei Bestimmungs-Elemente sind: die spezifisch verschiedene Expansibilität der zwei elektrischen Thätigkeiten, und dann der Umstand, dafs die galvanische Kette nie anders geschlossen werden kann, als kreisförmig; denn nur durch einen Bogen und nie anders kann $+E$ an $-E$, und $-E$ an $+E$ schliefsen. Das letztere ist evident; das erstere aber ist faktisch anerkannt in den Lichtenbergschen Figuren, in dem Unterschied des Spitzen-Lichtes, des positiven und negativen Fun-

kens, in dem neuerlich von mir wahrgenommenen reziproken Gegensatz beider Thätigkeiten an der aphlogistischen Lampe sowohl, wie in den Tremery-schen Versuchen u. s. w. Aus beiden Umständen, wenn man sie zusammen eintreten läfst, wie es in der Realität geschieht, folgt nun sehr ungezwungen nicht blos irgend eine approximirte Bestimmung für die dritten Koordinate, sondern nahebei die, welche in den Versuchen Statt zu finden scheint. Um vorläufig an Anschaulichkeit zu gewinnen, erlauben wir uns, einen wegen seiner Brauchbarkeit so oft mifsbrauchten Vergleich, auch hier zu mifsbrauchen, und ein Bild von Ströhmungen für einen Augenblick einzuführen. Fig. 9. stelle den Durchschnitt einer Röhre vor; mit gleichem Druck dränge man zugleich hinein von AC nach BD Quecksilber und von BD nach AC Wasser. Die Grenze beider Flüssigkeiten wird, vorzüglich für die ersten Augenblicke des Impulses, durch die Diagonaloïde beiläufig vorgestellt; aber es bleibt unentschieden, ob das Wasser rechts vom Quecksilber, oder links von demselben laufen wird. Nun denke man sich aber denselben Versuch in der gekrümmten Röhre (Fig. 12.) angestellt, so fällt augenblicklich jede Zufälligkeit weg; das Quecksilber läuft ganz bestimmt an der äufsersten Krümmung des Bogens, und das Wasser wird an die Innere zurückgedrängt: für diesen Fall ist also durch den Schwung die Ebene, in welcher die Diagonaloïde als gekrümmte

Fläche zu liegen kommt, genau und konstant bestimmt. Nun aber die Sache ernstlicher genommen, das heifst, abgesehen von Ströhmungen, die mindestens nicht erwiesen sind, und von einem Massen-Unterschied, der für + *E* und — *E* vollends gar nicht postulirt werden darf, so läuft alles hinaus auf die Lösung des folgenden Problems: an einem im widerkehrenden Bogen gekrümmten metallischen Leiter die zwei an Expansibilität verschiedenen elektrischen Thätigkeiten diagonaloïdisch so zu vertheilen, dafs Gleichgewicht Statt finde. Nun sind wir zwar in der Mechanik der Elektrizität wenig genug auf ein so schweres Problem vorbereitet: was wir aber wissen, geht dahinaus, dafs wenn an einem gebogenen Leiter die Bedingungen des Gleichgewichts für die Vertheilung nur einer einzigen Thätigkeit gesucht werden, es sich ergiebt, dafs die gröfsere Spannung stets an der äufseren Krümmungs-Seite des Leiters Statt findet; dafs also dahin die Kräfte gehören, die den gröfsten Widerstand zu leisten fähig sind. In der That nicht nach den einwärts gehenden Krümmungen, nicht nach den einspringenden Winkeln geschieht der Durchbruch, wenn endlich das Gleichgewicht gehoben wird. Nach dieser durch alle Thatsachen bestätigten Analogie läfst sich schliefsen, dafs wenn von der Vertheilung von zweien, an Elastizität spezifisch verschiedenen Thätigkeiten an einem und demselben gebogenen Leiter die

Rede sein wird, die spannbarste, expansibelere, den gröfsten elastischen Widerstand leistende, das heifst, die positive an die äufsere Krümmungs-Fläche rücken werde, und dafs die welche bei gleicher Intensität (denn derselbe chemische Prozefs ist Entstehungs-Ursache für beide) eine geringere spezifische Spannung hat, die innere Krümmungs-Fläche zum angewiesenen Sitz erhalten müsse. Wie wäre es in der That denkbar, dafs von Innen nach Aufsen drängend, die expansibelere positive Thätigkeit beschränkt und gegen Durchbruch und Ausströhmen geschützt sei, durch die sie umschliefsende und sperren sollende schwächere weniger Widerstand leistende negative Thätigkeit. Soll aber seiner Seits das von der äufseren Peripherie nach Innen zurückgedrängte Negative trotz seiner geringen Expansivkraft, der nach Quantität und Qualität überlegenen positiven Thätigkeit am positiven Pol das Gleichgewicht halten, so kann es dieses nur leisten, indem durch Anhäufung und Konzentration seine schwächere Repulsivkraft gesteigert wird. Es stelle vor in einem etwas gröfseren Maasstab $ABCD$ Fig. 13, am Fufse des positiven Zweiges AC Fig. 12. den Durchschnitt der elektrischen Atmosphäre für diesen Theil des Bogens und für diese Kombination. Wenn die Fläche DAB den Umfang und Inhalt der positiven Thätigkeit darstellt, so folgt meines Erachtens aus den Gesetzen des elektrischen Gleichgewichts, dafs das zurückgedrängte $-E$ welches

diesem + *E* einigermafsen das Gleichgewicht halten soll, nicht innerhalb des punktirten Bogens *BcD* beharren könne, sondern es wird konstruirt werden müssen mit einer gröfseren Wölbung, *BCD*, um durch stärkere wechselseitige Repulsion und stärkere Convexität mehr Widerstandskraft gegen das positive zu erhalten. Die totale Atmosphäre des Leiters wäre daher gleichsam ein ellipsoïdischer Zylinder, wo der negative Antheil nach Innen liegend etwas exzentrisch vorspringt, und den Mittelpunkt seiner Thätigkeit *(Centrum virium)* gegen den Mittelpunkt der Krümmung des Bogens richtet, jedoch nicht ganz in der Krümmungs-Ebene, weil die negative Thätigkeit überall im Inneren des Bogens ausschliefslich vorwaltet, und so durch wechselseitige Repulsion sich selbst von diesem Inneren etwas nach Aufsen seitwärts zurückdrängt. Die Frage nach der dritten Dimension der diagonaloïden Ebene *AC* (Fig. 13.) oder nach der wahren Stellung der grofsen Axe des ellipsoïdischen Zylinders gegen die Krümmungs-Ebene des Bogens ist die wichstigte von allen, aber auch die schwierigste, denn diese Stellung ist zwar unwiderruflich konstant, in so fern sie abhängt von der Stellung des positiven und negativen Metalls, das heifst, der ersten und zweiten Dimension nach; aber sie ist sehr schwankend und veränderlich in Beziehung auf die dritte, welche hauptsächlich bedingt wird durch die Stellung und Richtung der übrigen Theile des

Bogens, und durch die Art wie der elektrische Kreis geschlossen wird; das einzige was uns vor der Hand aus früheren Analogien einleuchtet, ist, dafs die Diagonaloïde, das heifst, die grofse Axe der Wirkungssphäre weder ganz in der Verlängerung der Ebene des Krümmungs - Bogens, noch ganz senkrecht auf diese Ebene gerichtet ist. Um dieses noch faſslicher auszudrücken, denke man sich die diagonaloïde Ebene unter dem Bilde einer Klinge, wo der äufsere Rücken die positive, die innere Schneide die negative Thätigkeit vorstellt; so steht diese Klinge in der Krümmungs-Ebene des Bogens weder ganz scharf, noch ganz flach. Um nun ihre wahre Neigung in den verschiedenen Fällen zu finden, sind zwei Wege denkbar. Einmal der empirische, mittelst einer um den chemisch-magnetischen Leiter herumgeführten Azimuthal-Boussole, um die Lage und Richtung der Thätigkeiten aufzufinden, die den Nord-Pol und den Süd-Pol der Nadel affiziren; diefs soll im dritten Abschnitt versucht werden. Der zweite Weg wäre die mathematische Konstruktion und Berechnung des Problems. Ohne Zweifel dürfen wir hoffen, dafs die Mechanik dermaleinst den hiezu erforderlichen Grad von Ausbildung erreichen wird: schon ist der Anfang gemacht, die Bedingung des Gleichgewichts für elektrische Thätigkeiten an Leitern von verschiedener Krümmung zu berechnen; aber lange noch werden wir die Theoreme entbehren, aus welchen

die wahre Lage der diagonaloïden Ebene des chemischen Leiters sich ergiebt. Selbst mit dem einfachen Transversal-Magnet hat sich meines Wissens keiner, weder Physiker noch Mathematiker beschäftigt. Das wenige blofs historische was Brugmans davon hat, abgerechnet, wüfste ich nicht dafs Coulomb, oder einer seiner Nachfolger hierüber nur Einen Versuch, geschweige denn eine Berechnung angestellt hätten. Theils hielt man den Gegenstand unfruchtbar und ohne Anwendung, theils wurde man durch die Schwierigkeit der Aufgabe abgeschreckt. Wenn wir selbst bei dem Longitudinal-Magnet weder die Indifferenzpunkte, noch die Culminationspunkte, ja nicht einmal die magnetischen Figuren, die wir vor Augen haben, berechnen können, so läfst sich einsehen, welche Schwierigkeiten bei dem transversalen, und vollends bei dem diagonaloïd-transversalen Magnet obwalten. Und doch wie leicht ist dieses noch für den Magnet wo wir Grund haben, beide Thätigkeiten von gleicher spezifischen Intensität anzunehmen. Soll aber ein elektrischer Magnet dieser Art konstruirt werden, so führt die spezifische Expansibilität beider Thätigkeiten, deren Maafs wir nicht einmal kennen, Elemente ein, die sehr schwer zu behandeln sind; so glaube ich z. B., dafs die diagonaloïde Linie keine gerade sein könne, sondern eher als eine Art von Hyperbel sich ergeben würde. Wären nun

diese ersten Schwierigkeiten überwunden, das heifst, wäre es gelungen, die Vertheilung des transversal-bipolaren elektrischen Magnets in seiner Wirkungssphäre als eine Klangfigur von drei Dimensionen zu berechnen, so käme dann erst das wichtigste in Betracht, nehmlich die Erfolge der Krümmung des Leiters, und die dadurch bedingten allgemeinen und besondern Modifikationen der Lage der diagonaloïden Ebene, je nachdem vom Innern des Bogens aus, die Thätigkeiten durch wechselseitige Anziehungen und Repulsionen sich aus der normalen Lage etwas verdrängen nach Richtungen, für welche die Stellung der beiden Metalle das konstante unwandelbare Element giebt, die verschiedenen relativen Stellungen der übrigen Theile des Bogens aber, und die Art den Kreis zu schliefsen, ein sehr wandelbares, jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen fluctuirendes Schwanken bedingen. Diese Betrachtungen sind geeignet, uns auf eine nicht geringe Verwickelung und Verschlungenheit der Erscheinungen gefafst zu machen, als abhängig von der Wandelbarkeit der Richtungen der diagonaloïden Ebene. Eine Ansicht die als blofse vorläufige Hypothese die Hauptmomente dieser anomalen Erscheinungen, auf physisch begründete Analogien zurückführt, ist nicht ohne allen Nutzen, selbst wenn sie die ganze Mannigfaltigkeit derselben noch nicht mit genügender Ausführlichkeit zu erreichen vermag.

Was die übrigen Disjunktionen der Tabellen I. und II. betrifft, so beziehen sie sich zu unmittelbar auf den dritten Abschnitt, um aus diesem Zusammenhange zur Sprache gebracht zu werden.

B. Inklinations-Boussole in der Meridian-Ebene.

Die beigefügte Tabelle, (No. II.) als Auszug einer vollständigeren, giebt die Übersicht der hier Statt findenden Bewegungen, jedoch nur für die wichtigsten Kombinationen. Dafs der Nord-Pol der Nadel in dieser Stellung eine Neigung von beiläufig 69 unter dem Horizont annimmt, ist bekannt; auf eine gröfsere Schärfe der Bestimmung kommt es hier nicht an, daher wählte ich von den zwei Nadeln die zum Apparat gehören, die schlechtere, um die Vollkommenere nicht ohne Nutzen den Dämpfen der Säure auszusetzen. Auch begnüge ich mich die Resultate der Prüfungen tabellarisch mitzutheilen; denn was die Aetiologie dieser Bewegungen betrifft, so ist mir bis jetzt kein Umstand aufgefallen, der sich nicht den obigen Prämissen fügte, und den man nicht durch das Versinnlichungs-Mittel des gehörig angelegten repräsentirenden Leiters nachkonstruiren könnte. Der Ausdruck vermehrte Neigung bedeutet, dafs die resultirende Wirkung der zwei Paare von Kräften, wovon das eine auf den Nord-Pol, das andere auf den Süd-Pol wirkt, eine solche ist, dafs durch überwiegende Anziehung oder

Abstofsung der Nord-Pol der Nadel in einer gröfseren Neigung beharrlich verbleibt, die Zahlen bedeuten dieses, und nicht etwa die Oszillations-Bogen die beim ersten Impuls wohl viermahl mehr Elongation betragen. Diese Zahlen sind auch nur Approximationen, und im Mittel angegeben; um sie durchgängig genau zu erhalten, müfste man die gröfste Sorgfalt tragen, dasjenige immer gleichmäfsig zu ersetzen, was der Säure im chemischen Prozefs durch Auflösung des Metalls abgeht; es ist auffallend, wie schnell die Veränderungen, die dort vorgehen, sich an der Boussole aussprechen. Übrigens bedarf es wohl kaum noch bemerkt zu werden, dafs die Azimuthal- und Höhen-Beziehungen auf den tellurischen Magnetismus die in diesen Versuchen vorkommen, lediglich durch die Boussol-Nadel, auf die gewirkt wird, eingeführt werden, und keineswegs der chemischen Kette wesentlich angehören. Hier, wie im Rotations-Apparat, sind die Anziehungs- und Abstofsungs-Verhältnisse der chemischen Kette konstant dieselben in allen Azimuthen; und die Stellungen West und Ost, so wie die vermehrte oder verminderte Neigungen beziehen sich lediglich auf das Reagens. Ob in der Folge sehr feine Versuche doch noch einen gewissen, in jedem Fall sehr geringen Unterschied in den Wirkungen der Kette nach der Verschiedenheit des Azimuths wahrnehmbar machen werden, bleibt dahin gestellt, für jetzt aber in unsern vor-

läufigen Rekognoszirungen spricht sich ein solcher Unterschied eben so wenig aus, wie etwa eine tellurische Richtung beim Rotations-Apparat. Neben der Disjunktion von ausserhalb und innerhalb des Bogens, habe ich in der Tabelle auch die mit einem Leiter oder zwischen den zwei Zweigen des Leiters mit aufgenommen. Schliefslich bemerke ich, dafs in dieser Tabelle blofs der Fall aufgenommen ist, wo der Leiter parallel mit der Nadel läuft, also in der Richtung des magnetischen Meridians, wo z. B. für die Stellung Leiter in Westen und + *E* Oben, die positive Thätigkeit nach Azimuth und Höhe in Süden steht. Um nun aber zu sehen, ob hiebei irgend eine tellurisch bestimmte Stellung das + *E*- oder — *E*-Pols von Einflnfs sei, gab ich dem Leiter auch eine magnetisch umgekehrte Beziehung, indem ich ihn um gleiche 69 Grad neigte, aber nach der entgegengesetzten Richtung so, dafs er die Magnet-Nadel durchschnitt im doppelt genommenen Neigungs-Winkel. Dieses gab jedoch keinen andern Unterschied, als den von der gröfseren Entfernung herrührenden quantitativen; + *E* durch entgegengesetzte Neigung aus der südlichen Hämisphäre in die nördliche übergehend, behält denselben Abstofsungs-Werth für den Nord-Pol der Nadel. In der Folge können allerdings diese quantitativen Unterschiede für diese zwei Fälle, und für den mittleren, wo ich den Leiter senkrecht stellte,

vor die im Meridian geneigte Nadel, von grofser Wichtigkeit werden; aber dann müfsten sie auch eine viel gröfsere Genauigkeit haben als der stöhrende Umstand, dafs die Intensität der magnetischen Wirkung sich so genau nach der Sättigung der Säure richtet, es bis jetzt gestattete. Im Allgemeinen bemerke ich nur, dafs je mehr der elektrisch polarisirte Leiter sich entfernt von der Stellung, wo er mit der Nadel parallel ist, je geringer wird auch seine Wirkung auf dieselbe, und diese wird ganz Null, wenn der Leiter die Nadel senkrecht halbirend schneidet. Am bequemsten ist diese Beobachtung wenn die Nadel auf 90 Grad einspielt; man führe alsdann den Leiter horizontal vor den Mittelpunkt derselben, so dafs er die Nadel rechtwinklich schneide und genau halbire, dann ist ihr keine Bewegung beizubringen durch Schliefsung der Kette. Diefs ist der Fall der bei der Azimuthal-Nadel gewöhnlich und gleichsam normal eintritt, wenn sie in Süd-Nord einspielt, und der Leiter in Ost-West gerichtet ist. Höchstwahrscheinlich würde eine Inklinations-Nadel durch die relative Anzahl ihrer Schwingungen dieselben Beziehungen auf relative Entfernungen zeigen, die man bemerkt bei kurzen und in verschiedenen Relationen der Lage und Entfernung zum diagonaloïden Leiter aufgestellten Azimuthal-Nadeln als Ausnahmen von dieser Nullität der Abweichung.

III^ter Abschnitt.

Beobachtungen an der Azimuthal-Nadel.

Diese Klasse von Erscheinungen ist die wichtigste von Allen, indem in ihr nicht blofs fast alle Momente der obigen Untersuchungen sich wiederholen, sondern auch ganz neue hinzukommen und zwar solche, die sich gegen die früheren Analogien am widerspenstigsten zeigen. Allerdings trafen wir bereits in den Erscheinungen der zwei ersten Abschnitte auf mannigfache Spuren dieser Wirkungs-Arten der chemischen Magnete, wir konnten sie jedoch unerwähnt lassen, ohne der Sache im wesentlichen Abbruch zu thun, und gewannen an Klarheit der Darstellung.

Bekanntlich kam Örsted zu der Entdeckung des elektrischen Magnetismus durch eine Beobachtung die zu dieser Klasse gehört, indem er sah, dafs eine Boussol-Nadel durch Einwirkung der chemischen Kette eine Abweichung bekam, verschieden nach der Verschiedenheit der relativen Lage des Leiters zur Nadel.

Örsted machte seine Entdeckung am Bogen-Leiter einer gröfseren galvanischen Batterie, die den schliefsenden Platindrath zum Glühen brachte, und

man war anfänglich der Meinung, diese Intensität der Ladung sei unerläfsliche Bedingung dieses Erfolgs: bald aber fand er selbst, dafs glücklicher Weise dem nicht so ist, und dafs eine einfache galvanische Kette hinreicht; und man weifs jetzt, dafs sie bei gehöriger Intensität des Chemismus, sogar mehr leistet als eine mehrfache, wovon sich jeder leicht überführen wird, wenn er ein einzelnes Plattenpaar prüft, und dann mehrere gleichartige zu einer Voltaischen Säule konstruirt. Zwar kennt man noch nicht genau die Intensitäts-Verhältnisse die hier obwalten; aber soviel scheint anderer Seits sicher, dafs je mehr der Chemismus das Vorwaltende ist in der jedesmaligen Kombination, je stärker wirkt der elektrisch erregte Magnetismus; wo also nach bekannten Analogien ein System nur elektrisch-physische Erscheinungen giebt, ohne die chemischen (wenigstens wahrnehmbar) bedingen zu können, da fällt weg auch jede wahrnehmbare Spur von Magnetismus. Eine Zambonische sogenannte trockene Säule von 12000 Paaren giebt solche elektrische Divergenzen, dafs sie durch kein Goldblatt-Elektrometer, ja durch kein Strohhalm-Elektrometer gemessen werden kann, wegen des augenblicklichen Anschlagens an die Wände; sie zeigte mir aber keine Spur von magnetischer Wirkung. Nach unserer Ansicht erklärt sich dieses vollkommen; denn wenn die wesentlichste und ursprünglichste Bedingung aller Erfolge in dem Übergange liegt vom

Longitudinal-Bipolaren, zum Transversal-Bipolaren, und dieser Übergang wiederum die Bedingung ist des Chemismus, so war dieses zu erwarten. Eben so fand ich; dafs die an sich magnetisch-wirksamste Kette diese Eigenschaft augenblicklich verliert, wenn man ein Element von longitudinaler Unipolarität einführt; die hydrogenisirte Flamme, z. B. in den Kreis aufgenommen, hemmt augenblicklich jede magnetische Wirkung, und in der That fällt bei dieser Zusammenstellung aller Chemismus weg, weil + *E* nicht mehr zu — *E* gelangt mit der reziprok-gleichen Intensität, die wir durch die Konstruktion des diagonaloïden Leiters denkbar finden, und wie es scheint nur durch diese.

Die Intensität des chemischen Effekts steigert man bekanntlich durch Anwendung von Säuren zur Funktion des feuchten Leiters in der Kette; man weifs das Wollaston Platindrath zum Glühen bringt, mittelst eines mit Säure angefüllten silbernen Fingerhuts. Ein silberner Becher, und in Ermangelung dessen, ein kupferner, den man mit mehr oder weniger verdünnter Säure füllt, und auf einen Metall-Streifen in guter Leitungs-Kontinuität stellt, giebt wenn man das entgegengesetzte Ende des Leiters an eine in der Säure ohne Berührung der Wände sich eben auflösende Zinkmasse zurückführt, und die Kette mit inniger metallischer Leitung schliefst, die kräftigsten magnetischen Einwirkungen auf die innerhalb des Bogens, oder in gewisser Nähe au-

fserhalb desselben gestellte Boussole. Diefs ist ohnstreitig der bequemste Apparat; alle Manipulationen der Versuche werden ungemein erleichtert durch seinen geringen Umfang, durch den Umstand, dafs man durch Herausnehmen der Zinkmasse aus der Säure die Wirkung in jedem Moment ganz aufheben kann, und so die Kräfte für den Augenblick des Versuchs versparen, wodurch mehr Vergleichbarkeit entsteht; und endlich kann man durch Hinzuschütten von Wasser oder von Säure sich jeden Grad der Intensität verschaffen, vom Nullpunkt an bis zum Maximum, welches die Kette gewähren kann. So lange die Rede ist nur von Auffindung der Gesetze nach welchen der chemische Magnet die Nadel affizirt, reicht dieser Becher - Apparat vollkommen aus, denn man bedarf hiezu keiner grofsen Intensität, im Gegentheil man mufs sie vermeiden. Was könnte man in der That von dem Gesetze der elektrischen Anziehungen wohl mit Deutlichkeit wahrnehmen, wenn man sie an einer Elektrisirmaschine, geschweige denn an einer sehr kräftigen beobachten wollte? Coulomb verdankt seine glänzenden Erfolge meistens der Maxime, die Kraft in ihren schwächsten Graden zu beobachten, und *De Luc*, mit dem ich das Glück hatte drei Jahre gemeinschaftlich zu arbeiten, konnte nie Apparate finden, die schwach genug wären. Diefs sei gesagt, um diejenigen als Mitarbeiter zu gewinnen, die im Besitz sind der innern Mittel mehr als der äufseren.

Ein anderes ist es allerdings, wenn man die Total-Wirkungen der Elementar-Kraft auffinden will; dazu gehören die möglichst kräftigen Apparate; aber so viel wir bis jetzt noch von dem chemischen Magnet wissen, nähert man sich schon sehr dem Maximum der auf irgend eine andere Weise erzielten Kraft-Äusserung, wenn man den silbernen Becher (von beiläufig 1 Pfund Wasser an Inhalt) mit 6 Theilen Wasser zu 1 Theil Salzsäure anfüllt; da werden im Augenblick der Schliefsung, Boussol-Nadeln, die nicht gar träg sind, in einem Abstande von 3 — 4 Fufs vom Leiter in Bewegung gesetzt; und durch noch stärkere Säure kann man sogar noch gröfsere Ausdehnung des Wirkungskreises erhalten. Der Mangel dieses Becher-Apparats ist, dafs vorzüglich bei Anwendung einer starken Säure die schnell eintretenden höheren Grade der Sättigung eine verhältnifsmäfsig schnelle Abnahme des Magnetismus bedingen.

Die zweite Methode den Magnetismus des chemischen Leiters mittelst der Azimuthal-Nadel zu prüfen ist, die Anwendung eines Platten-Paares von Zink und Kupfer liegend oder stehend, das erstere ist das bequemste. Jedes der heterogenen bekommt seinen eigenen Zuleiter, der den elektrischen Werth des Metalls von welchem er unmittelbar kommt repräsentirt, so dafs wenn es von einem parallel übereinander liegenden Platten-Paar heifst sein $+E$ liege in Norden, der Sinn ist, dafs der Zuleiter dieses

Metalls (nach unserem Sprachgebrauch des Zinks) in diesem Azimuth liege, der Zuleiter des Kupfers oder der Platte hingegen in Süden. Wenn man nun an diesen Zuleitern durch einen Metallstab den Bogen schliefst, über, unter oder neben einer Azimuthal-Nadel, so erhält man die Abweichungen. Zwischen die Metalle kommt als feuchter Leiter eine starke gefilzte ungeleimte Pappe, die man mit einer mehr oder weniger verdünnten Säure durch und durch tränkt. Hat man sehr grofse Platten, oder kann man sehr viele kleinere Platten zu einer Gesammtfläche von grofser Ausdehnung zusammensetzen, oder begnügt man sich, welches das rathsamste ist, mit absolut geringen Graden, so kann man auch hier, wie für die gewöhnlichen galvanischen Untersuchungen den feuchten Leiter nur mit einer Lösung von Kochsalz und Salmiak tränken, wo man den sehr bedeutenden Vortheil hat, dafs die Wirkung nachhaltig ist, und sehr langsam abnehmend, sich viele Tage und Wochen hält, während die starken Wirkungen, die man durch Tränkung der Pappe mit Säure erhält, sehr schnell von ihrem hoch gestimmten Maximum auf Null zurückgehen.

Was die dritte Methode betrifft, die chemischen Wirkungen zu prüfen, mittelst grofser galvanischen Batterien und Trogapparate, so können wir sie füglich vor der Hand übergehen, denn in der Mehrheit der Fälle wird man sich wohl weislich an die

zwei ersten Methoden halten. Wer aber zu besondern Zwecken einen Trogapparat benutzen will, mufs ihn von seiner gewöhnlichen Einrichtung dahin abändern lassen, dafs alle Kupfer-Zellen unter sich, und alle Zink-Platten unter sich verbunden werden, um eine Gesammtfläche zu erhalten, welches zur Erregung des Magnetismus viel vortheilhafter ist, als die abwechselnde Verbindung von Zink und Kupfer von Paar zu Paar, nach den genauen Prüfungen des Herrn Akademiker Seebeck, dem auch dieser Zweig der Physik sehr wichtige Bereicherungen verdanken wird, wenn die Schätze seiner Erfahrungen zur Öffentlichkeit gelangen werden.

Die Bewegungen der Azimuthal-Nadel mittelst des chemischen Leiters, sind so mannigfaltig und bilden ein so verworrenes Gewebe von wahren und von scheinbaren Gegensätzen, dafs man ohne eine mit dem Zweck und der Form dieses Aufsatzes in Widerspruch seiende Ausführlichkeit nicht einmal alle schon jetzt bekannt gewordene Modifikationen dieser Art genau beschreiben, geschweige denn, dafs man jede derselben einzeln erwägen könnte im gehörigen Detail, um sie durch kritische Diskussion an irgend eine Hypothese, und für uns namentlich an die einer diagonaloïden elektrisch-magnetischen Polarisation zu halten. Vor allen Dingen ersuche ich den Leser dieses nicht so zu nehmen, als wollte ich zu verstehen geben, es fehle mir hier blos der

Spielraum, um alle Erscheinungen nach meiner Ansicht genügend zu erklären; diese rednerische Wendung wäre im höchsten Grade unredlich; ich gestehe vielmehr, dafs auf jeden Fall die Theorie der diagonaloïden Polarisation noch vieler Bearbeitung bedarf, ehe sie hinlangt, das ganze Detail der Erscheinungen in allen Einzelnheiten genau nachzukonstruiren; es frägt sich aber vor der Hand nur, ob sie von den wesentlichen Erscheinungen einen genügenden physischen Grund darbietet, so dafs es die Mühe lohne, sie in den anderweitigen mehr verschlungenen Einzelnheiten zu verfolgen.

Die wesentlichste Erscheinung beim chemischen Magnetismus, die Wurzel gleichsam aller seiner paradoxen Anomalien, ist ohnstreitig der Gegensatz, den wir bereits nach den Erscheinungen des Rotations-Apparats und der Neigungs-Nadel unter der ziemlich mangelhaften Benennung von innerhalb und aufserhalb des Bogens einführten, jedoch bis jetzt ohne alle Aetiologie, nur dafs wir im Allgemeinen sagten, dieser Gegensatz beziehe sich auf die Vertheilung der elektrisch-magnetischen Thätigkeiten längst des gebogenen Leiters, nicht blofs nach seiner Breite und Länge, sondern auch nach seiner dritten Dimension. Um nun vor allen Dingen eine klare Vorstellung von diesem Gegensatz zu erhalten, denke man sich den die chemische Kette schliefsenden Leiter in der Richtung Nord-Süd, und zwar so unterstützt, dafs man eine Boussole nicht

blos auf oder über diesen Leiter, sondern auch unter ihm aufstellen und beobachten könne. Die Boussole stehe zuerst auf den Leiter: man schliefse mittelst eines Metalls den galvanischen Bogen von der Zinkmasse im Becher zum entgegengesetzten Ende des Metallstreifens, sogleich wird die Azimuthal-Nadel eine Abweichung zeigen; man merke sich die Art derselben, ob sie östlich oder westlich war. Nun bringe man die Boussole unterhalb des Metallstreifens, und schliefse wiederum auf dieselbe Weise, so erhält man die entgegengesetzte Abweichung, das heifst unten westlich wenn sie oben östlich war. Dafs dieser Gegensatz Analogie habe mit dem, welche die Rotations-Kette zeigt, wenn sie bei der Applikation desselben Magnet-Pols innerhalb des Bügels von der Rechten zur Linken, und bei der aufserhalb von der Linken zur Rechten läuft, springt in die Augen; dafs aber demohngeachtet die daher vorläufig entlehnte Benennung für diesen Gegensatz nicht die passendste sei, und wirklich zu eng ist, wird die Folge lehren. Im Allgemeinen sehen wir, durch diese Erscheinung, dafs ein chemischer Leiter polare Gegensätze zeigt, die an einem und demselben Querschnitt seiner Längen-Dimension ganz verschieden, und sogar entgegengesetzt ausfallen, je nachdem man ihm die prüfende Boussole von einer Seite, oder von der entgegengesetzten darbringt. Hat der chemische Leiter wirklich eine diagonaloïde Polarisation nach

unserer hypothetischen Annahme, so mufs dieses nothwendig erfolgen, wie wir es bereits beim Rotations-Apparat und bei der Neigungs-Nadel fanden; aber die spezielleren Angaben der Azimuthal-Nadel sind geeignet, uns die Lage und Richtungen der in der Wirkungssphäre des Leiters vertheilten Thätigkeiten genauer anzudeuten; und treffen wir bei den durch dieses Prüfungsmittel gefundenen Richtungen eine gewissermafsen genügende Übereinstimmung mit den Prämissen, die wir aus den bis jetzt bekannten Analogien der galvanischen Elektrizität im zweiten Abschnitt für die Lage der diagonaloïde Ebene nach der dritten Dimension voranschickten, so verdient vielleicht die in diesen Blättern skizzirte Ansicht einige Aufmerksamkeit.

Die Vertheilung der elektrischen Thätigkeiten innerhalb der ganzen Wirkungssphäre des Leiters, ist, wie oben bemerkt worden, abhängig von so vielen Bedingungen, dafs man sie zur Zeit nicht vorkonstruiren kann; aber selbst durch den Versuch ist es sehr schwer oder vielmehr unmöglich auf einen ganz allgemeinen Ausdruck zu kommen für die Neigung der diagonaloïden Ebene. Das konstante Element ist die Lage des positiven und negativen Metalls; die veränderlichen sind die Richtung des Bogens der von einem zum andern schliefst, ob er z. B. oberhalb oder unterhalb der Nadel läuft, ob die Theile des Bogens sehr nahe an einander liegen, oder nur aus gröfseren Entfernungen ihre

wechselseitige Stöhrungen ausüben, und andere Umstände mehr. Wenn nun in jedem besonderen Fall die Vertheilung der elektrischen Thätigkeiten, das heifst die Lage der diagonaloïden Ebene nach den veränderlichen Elementen, schwankt innerhalb gewisser Grenzen, welche nur durch die Lage der zwei elektrischen Faktoren bestimmt und fest gehalten werden, so giebt es um zu einem gewissermafsen allgemeinen Ausdruck für die Lage der diagonaloïden Ebene zu gelangen, kein anderes Mittel als ein Fundamental-Versuch, in welchem man mit möglichst genauer Entfernung aller veränderlichen Elemente, die Vertheilung der elektrischen Thätigkeiten aufsucht für einen gegebenen Querschnitt der Wirkungssphäre des Leiters. Die so gefundene Vertheilung kann gewissermafsen als das Normale betrachtet werden, man kann es als eine ziemlich genaue Approximation vergleichen, theils mit den bekannten Analogien der Elektrizität, theils mit den modifizirten Erscheinungen, wo die veränderlichen Elemente offenbar mit einwirken. Um nach dieser Ansicht den Fundamental-Versuch wenigstens für einen Punkt des Bogens und namentlich für den positiven Schenkel *BD* (Fig. 12.) möglichst frei von aufserwesentlichen Einflüssen zu erhalten, liefs ich die zu prüfende Strecke des Leiters senkrecht ansteigen, in einer Höhe von zwei Fufs, und erst von seinem obersten Punkt führte ich den schliefsenden Bogen in einer Entfernung

von mehrere Fufs abwärts. Diesen senkrechten positiven Schenkel des Leiters, welchen wir vorläufig betrachten wollen als wenn er für sich bestünde, und frei wäre von allen stöhrenden Einwirkungen der übrigen Theile des Bogens, umgab ein Kreis von Pappe, auf dessen Peripherie die Boussole in allen Azimuthen herumgeführt wurde, immer in gleichen Entfernungen vom Leiter; die Art sowohl als der Grad der Abweichungen wurden für die vier magnetischen Kardinal-Punkte bemerkt, und sie sind graphisch dargestellt in Fig. 15. Die vier Boussol-Nadel stehen in den magnetischen Kardinal-Punkten, wie die punktirten Linien andeuten: die ganz ausgezogenen Linien deuten die Art und den Grad der Abweichung die sie in diesen respektiven Stellungen annehmen, wenn der galvanische Kreis geschlossen wird. Der Kreis *ABCD* ist der Querschnitt des in Süden stehenden positiven Schenkels des Bogens (Fig. 12), so dafs der entgegengesetzte Schenkel in Norden steht, und der Mittelpunkt der Krümmung des Bogens gegen den Punkt *F* (Fig. 13.) zu liegen kommt. Der im Krümmungs-Bogen nach aufsen liegende Theil des Umkreises *ABD* ist, gemäfs der oben motivirten und hier bestätigten Annahme der positive, das exzentrische Segment *ECD* ist das nach innen gerichtete negative; seine etwas seitwärts aus der Krümmungs-Ebene verdrängte Stellung ist erschlossen aus den relativen Stellungen der Nadel in den vier Azimuthen, und auf diese Weise die

Neigung der diagonaloïden Ebene AEC gegen die Krümmungs-Ebene des Bogens für diesen gegebenen Punkt des Leiters bestimmt. Es wird in dieser Konstruktion begreiflich, warum: 1) in Osten die Nadel eine Östliche Abweichung (8°) bekommt, wenn die Nördliche Spitze abgestofsen wird vom $+E$ in AD und zurückgehalten durch die anziehende Wirkung des entfernteren negativen BDE, und durch die tellurische Richtung, 2) in Süden eine Westliche (22°) nehmlich abgestofsen vom positiven Antheil BAD, gegen das negative BCD zu, und zwar ist der Abweichungs-Winkel gröfser als in (1), weil die Nördliche Spitze der Nadel dem abstofsenden Leiter um so viel näher steht, 3) in Westen eine Östliche (3°), weil die Nördliche Spitze der Nadel angezogen wird von dem negativen Segment BCD, und endlich 4) eine starke Östliche (25°) in Norden, wo die Südspitze der Nadel abgestofsen wird von dem ihr sehr nahe gerückten Mittelpunkt der Kraft des negativen BED, welches zugleich auf die Nordspitze anziehend wirkt; diese aber wird zurückgehalten durch Abstofsung von BAD, dem sie sich nähert, und durch die tellurisch-dirigirende Kraft.

Dieser Fundamental-Versuch fällt durch seine Übereinstimmung mit den Analogien der Elektrizitäts-Lehre nicht ungünstig aus für unsere Ansicht: er macht es denkbar im Allgemeinen, dafs die Bousole unter den Leiter gestellt, eine entgegenge-

setzte Abweichung bekommt von der, welche sie über dem Leiter erhält, nach Analogie von Fall 2 und Fall 4, indem sie das eine mal in den positiven, das andere mal in den negativen Antheil der Atmosphäre tritt, und diese Antheile durch Beziehungen auf die schiefe Lage der diagonaloïden Ebene entgegengesetzte Abweichungen bedingen müssen. Dieser einzelne Versuch ist jedoch noch nicht befriedigend genug, es mufs ihm mit möglichstem Fleifs mehr Ausdehnung und die gröfste Genauigkeit gegeben werden; denn nicht mit Unrecht nennen wir ihn fundamental; die Anomalie auf die wir hier stofsen, bildet in der That den *Casus difficilis* für die Lehre des elektro-chemischen Magnetismus, sie ist der Wendepunkt der entgegengesetzten Theorien: je nachdem das Urtheil hier ausfällt, ist entweder eine Zurückführung auf die Analogien unseres früheren Wissens von Elektrizität und Magnetismus zu hoffen, oder es ist entschieden, dafs die Gesetze des chemischen Magnetismus so wesentlich und so total verschieden sind vom bisherigen Zyklus der elektrischen und magnetischen Erscheinungen, dafs man für sie einen ganz eigenthümlichen Mechanismus postuliren mufs. Da bis hieher in diesen Blättern der Versuch gemacht wurde, das Unbekannte an das Bekannte zu knüpfen, so erlauben wir uns diese angenommene skeptisch-dogmatische Rolle vor der

Hand fortzusetzen und die Sache der Analogie noch nicht aufzugeben.

Der Fundamental-Versuch über die vier verschiedenen Abweichungen in den vier Kardinal-Punkten um den Leiter, ist, sagten wir, unvollständig und mit wesentlichen Mängeln behaftet. Der Unvollständigkeit kann und soll mit der Zeit abgeholfen werden. Sie besteht darin, dafs ich zur Zeit die Prüfung nur an einem Punkt des Leiters, und nur in der Nähe des Einen Pols, und zwar des positiven, anstellen konnte. In Ermangelung eines Bechers von Zink konnte ich noch nicht mit denselben Werkzeugen und unter ganz identischen Umständen und Dimensionen die Abweichungen der Nadel am negativen Schenkel beobachten, um sie mit denen am entgegengesetzten Punkt zu vergleichen. Aber es mufs nicht blofs dieses geschehen, sondern es mufs möglichst genau und vollständig der Bogen-Leiter in seiner ganzen Ausdehnung geprüft werden; und wer sich dieser Arbeit unterzieht, verdient den Dank der Physiker. Was nun den wesentlichen Mangel des Fundamental-Versuchs betrifft, so ist ihm leider nicht so leicht abzuhelfen; er besteht darin, dafs der 4te Fall, das heifst die Abweichung in der Ebene des Bogens und innerhalb seiner Krümmung nie absolut rein zu erhalten ist. Die Abweichung, die durch den Querschnitt des Leiters, an den wir die Boussole anbringen, an und für sich bedingt wird, ist stets

mehr oder wenig behaftet mit den Einwirkungen der über diesen Theil sich fortsetzenden anderweitigen Theilen des Bogens. Wer da weifs, wie sehr der chemische Magnetismus von dem bis jetzt bekannten sich unterscheidet durch die ungemeine Ausbreitung seiner Wirkungssphäre bei sehr geringer absoluten Intensität, wird dieses leicht einsehen, vorzüglich für die Krümmungs-Ebene des Bogens, nach welcher der ganze Konflikt der Thätigkeiten sich richtet und auf welche er sich bezieht. Man mag also den elektrisch-galvanischen Bogen so weit spannen wie man will, nie kann man eine Richtung der Diagonaloïde erhalten, die ganz unabhängig wäre von den Einwirkungen der übrigen Theile des Leiters. Je mehr wir uns von dem idealen Fall eines für sich bestehenden und von allen Reaktionen der übrigen Theile des Bogens befreiten Punkt des senkrechten Leiters entfernen, um wirkliche galvanische Bogen zu konstruiren, je näher also die Theile desselben an einander rükken, je eingreifender werden die wechselseitigen Spannungen, und die daraus folgenden Schwankungen und Verrückungen der diagonaloïden Ebene. Diese Ebene ist also nach zwei Dimensionen durchaus bestimmt, das heifst, was in den Phänomenen von der Stellung des positiven und negativen Metalls abhängt, ist absolut konstant, wenigstens kenne ich keine Ausnahme dabei, und nicht die mindeste Deviation; die dritte Dimension hingegen, das heifst

nach unserer Ansicht die Lage und die Schwankungen der inneren negativen exzentrischen Welle um die Axe des Leiters ist, innerhalb der Grenze, dafs sie immer mehr nach Innen liegt, sehr veränderlich und abhängig von den Reaktionen des Leiters in seinem ganzen Umfang.

So bevorwortet führen wir nun die grofse Anomalie ein, die Örsted bis zu den Kartesianischen Schrauben-Wirbeln zurückdrängte. Sie betrifft den Gegensatz, den wir vorläufig Innerhalb und Aufserhalb nannten. Die Thatsache, dafs in Fig. 12. die Nadel *a* auf dem Leiter *AD* stehend, eine Abweichung hat, die entgegengesetzt ist der, die sie in *b* unter dem Leiter annimmt, ist oben erwähnt worden. Wir bezogen sie im Fundamental-Versuche auf die Neigung der diagonaloïden Ebene, das heifst auf die Vertheilung der positiven und negativen Thätigkeit der Wirkungssphäre des Bogens. Die ganze Konstruktion bezog sich aber wie natürlich auf die Krümmungs-Ebene und auf den Mittelpunkt dieser Krümmung: und in der That, es ist durchaus nichts anderes da, nichts tellurisches u. s. w., worauf man es analogisch beziehen könnte. Nun aber schliefse man den Bogen nicht wie vorher oberhalb von *a* (Fig. 12.), sondern unterhalb, so dafs (Fig. 12.) der Bogen *AEC* umgekehrt nach unten stehend gedacht wird, gleichsam als hätte man ihn in einen Halbkreis um den Durchmesser *AD* gewendet; hiebei bleibe aber die

Nadel *a* nach wie vor über *AD* stehen, und befinde sich folglich in dieser neuen Stellung ausserhalb des galvanischen Kreises: man erwartet den augenblicklichen Übergang in die entgegengesetzte Abweichung — aber sie bleibt von derselben Art!! nur in der Regel von geringerer Intensität, jedoch unter gegebenen Umständen oft kaum dieses. Hier ist dem Anschein nach alle Konsequenz am Ende, und jede Analogie, namentlich die bisherige Konstruktion, scheint durch die gewaltsame Schere eines Dilemms so rein abgeschnitten, dafs man nur durch Einführung einer willkührlich angenommenen aufser allen früheren Analogien liegenden stets bewegten und schraubenförmig kreisenden Polarisation für Elektrizität und Magnetismus, mit Örsted sein Heil versuchen müfste. Die Ansicht der diagonaloïden Polarisation überhebt uns jedoch wie ich glaube dieser Nothwendigkeit, sie entdeckt uns eine sehr wesentliche physische Verschiedenheit in zwei Fällen, die man leicht für identisch halten könnte. Allerdings hätten wir hier wie im Fundamental-Versuch in dem Fall, wo *a* aufserhalb des Bogens zu liegen kommt, die entgegengesetzte Abweichung von der, wo *a* innerhalb liegt, zu erwarten, wenn nicht mit dieser entgegengesetzten Art der Schliefsung nothwendig eine sehr wesentliche Veränderung in der Vertheilung der Thätigkeiten am ganzen Bogen eintreten müfste, welche geeignet ist, die erwartete

Umkehrung der Abweichung, wiederum umzukehren, es sei total, oder partial, so dafs die Abweichung von derselben Art bleibt nach wie vor. Dieser physisch bestimmte sehr wesentliche Umstand ist, dafs so wie man den Bogen um die Linie *AD* (Fig. 12.) gewendet hat um 180 Grad, das $+E$ welches früher in einem Azimuth stand, nun in das entgegengesetzte gekommen ist, und eben so für das $-E$. Zwar läfst sich dieses nicht so deutlich einsehen an dem auf eine Fläche unperspektivisch gezeichneten Bogen (Fig. 12.), wo die diagonaloïde Ebene vorgestellt wird als zusammenfallend mit der Krümmungs-Ebene des Bogens, eine Lage, die wir oben der Anschaulichkeit wegen nannten: ganz scharf, während sie in der Realität mehr flach als scharf ist. Um daher den hier gemeinten Übergang der positiven und negativen Antheile des Leiters aus einem Azimuth in das andere, so wie man oberhalb oder unterhalb schliefst, anschaulich zu machen, nehme man einen diagonaloïd-gefärbten Pappstreifen, und krümme ihn in einen Bogen über die Nadel weg, so dafs die diagonaloïde Ebene senkrecht auf die Krümmungs-Ebene des Bogens stehe (was wir die flache Richtung nannten, und die sich vielmehr der wahren nähert): nun stelle man diesen Bogen einmal wie in Fig. 12., so dafs er über der Nadel weg rage, und es stehe z. B. der schwarz gefärbte Antheil zur Linken der Nadel, so geht diese relative Stel-

lung der beiden Thätigkeiten in das Entgegengesetzte über, so wie man, nach unten schliefsend, den Bogen durch eine halbe Wendung unterhalb der Nadel gebracht hat. Wenn nun der Fundamental-Versuch gedacht als rein, das heifst, als gebend nur das Resultat von der Stellung der zwei Metalle in der Kette, einen Gegensatz bedingt für die zwei Fälle Aufserhalb und Innerhalb, so wird nothwendig dieser Gegensatz wieder aufgehoben, und zur Identität der Abweichung für beide Fälle zurückgeführt durch den Umstand, dafs die negative exzentrische Welle nothwendig aus der Krümmungs-Ebene des Bogens bald von der Rechten zur Linken, bald von der Linken zur Rechten ausweicht, wenn die Bedingungen, welche durch wechselseitige Anziehung und Abstofsung zur Bestimmung ihrer Lage mit konkurriren, eine entsprechende Wanderung im Raume erleiden, wie es jedesmal der Fall ist, wenn wir einmal oberhalb, einmal unterhalb der Nadel schliefsen.

Mit andern Worten liefse sich dieser höchst wichtige Gegenstand mit mehr Allgemeinheit so ausdrücken: Die Abweichungen der Boussole sind abhängig von der Vertheilung der zwei elektrischen Thätigkeiten am Leiter. Diese Vertheilung ist abhängig hauptsächlich und im Wesentlichen von der Lage des positiven und negativen Faktors im chemischen Prozefs, aber nicht ausschliefslich von dieser; denn die positiven und negativen

Antheile des Leiters sind gleichsam Fortsetzungen und Repräsentanten des positiven und negativen Metalls selbst, und sie bedingen innerhalb gewisser Grenzen, nach Verschiedenheit ihrer respectiven Lage, durch wechselseitige Anziehungen und Abstofsungen, Modifikazionen derjenigen normalen Vertheilung, die durch die Lage der zwei Metalle allein bedingt wäre. Wenn also in zwei gegebenen Kombinationen (aufserhalb und innerhalb des Bogens) die Abweichungen in blofser Hinsicht auf die Stellung der zwei Metalle entgegengesetzt sein sollten, so können sie demohngeachtet dieselben oder beinahe dieselben bleiben, wenn man von der einen Kombination zur zweiten nur dadurch kommen kann, dafs am Leiter selbst die Repräsentanten der zwei Metalle aus einem Azimuth in das entgegengesetzte übergehen.

Die höchst paradoxe Erscheinung, dafs die Abweichung dieselbe bleibt, man mag über oder unter dem Leiter schliefsen, während sie doch in das Entgegengesetzte übergeht, wenn die Nadel über oder unter dem Leiter gestellt wird, ist offenbar das Räthselhafte in dem ganzen Kreis dieser Erscheinungen. Dieser Gegensatz und auch nicht Gegensatz bei derselben Disjunktion, die wir bis jetzt, mangelhaft genug wie man sieht, mit innerhalb und aufserhalb bezeichneten, ist daher, wie oben bemerkt wurde, der Prüfstein und der Wendepunkt aller Theorien. Sollte ich einige

Vorliebe haben für die Ansicht der diagonaloïden Polarisation, so ist es blofs, weil sie ein übersehenes physisches Moment der Verschiedenheit entdeckte für zwei Kombinationen, die dem Anscheine nach ganz entgegengesetzt waren, und doch dasselbe Resultat geben. Es läfst sich wohl hoffen, dafs man bequemere Ausdrücke (Sprachformeln) finden wird für eine Erklärung, die manchem vielleicht eben so dunkel scheinen wird, wie die Sache selbst, die jedoch auf einem sehr reellen Grund beruht, und deshalb wohl betrachtet werden kann, als vermittelnd das neue Gebiet des chemischen Magnetismus mit den früheren Analogien. Die Örstedsche Theorie einer in Schrauben-Gängen bewegten Polarisation ist, soviel ich sehen kann, nur gegründet auf die Unmöglichkeit, die eben erwähnte Anomalie bei dem Gegensatze innerhalb und aufserhalb, auf irgend eine andere Weise denkbar zu machen: die Theorie der diagonaloïden Polarisation scheint aber einen Ausweg zu eröffnen, und sie würde viel geleistet haben, wenn sie nur die Wage wieder zum Schweben bringt; denn zu einem definitiven Ausschlag ist es ja offenbar noch zu früh. Die Theorie der diagonaloïden Polarisation nähert sich übrigens der von Örsted aufgestellten Ansicht einer in rechts und links gewundenen Schrauben-Gängen sich bewegenden Flüssigkeit, in so fern als ein diagonaloïder Leiter in sich wiederkehrend im galvanischen

Kreis allerdings einen Schrauben-Gang bildet, dessen wahre Inflektion und doppelte Krümmung wir jedoch nicht eher kennen werden, als wenn der Fundamental-Versuch für alle Punkte des Leiters möglichst genaue Bestimmungen gegeben haben wird. Aber unsere schraubenartige Polarisation ist erstens durchaus unbewegt und fixirt, wenn gleich sie in jedem besonderen Fall schwankt, innerhalb gewisser Grenzen nach Lage, Richtung und Entfernung der Theile des Bogens; zweitens ist sie bedingt durch den Mechanismus der galvanischen Kette, nicht durch eine ursprünglich-wirbelnde Konstitution der elektrischen und magnetischen Thätigkeit, und endlich giebt es nach dieser Ansicht für jede einzelne geschlossene Kette nur Einen einzigen Schrauben-Gang. Man mag einen Leiter ausdehnen, biegen, in sich zurückführen wie man will, immer findet man kontinuirlich das Negative mehr nach innen, das Positive mehr nach aufsen; die partiellen Spannungen und Konflikte, die durch solche Herumführung des Leiters eingeführt werden, langen, so viel ich sahe, nie aus, die durch die Stellung der zwei elektrischen Faktoren ursprünglich bestimmte Verthèilung der Thätigkeiten in der Wirkungs-Sphäre des Leiters zu vertilgen. Führt man z. B. einen diagonaloïden Leiter in einem Schrauben-Gang um einen isolirenden Glas-Zylinder herum, so hat man ein System von sonderbaren Eigenschaften, gleichsam einen Longi-

tudinal-Magnet; denn an einem Ende dieser diagonaloïd geladenen Spirale drängen sich die mehr positiven Ordinaten an einander, und binden die Wirkungen ihres geringeren negativen Antheils, so dafs an diesem Ende das Positive frei und vorwaltend wird; am entgegengesetzten ist es umgekehrt durch ähnliche Wirkung des Negativen. Dieses System hat jedoch, wie ich glaube, mehr vom Mechanismus der vielfachen Säule, als von dem der einfachen Kette, und wenn man aus den Erscheinungen eines erkünstelten Spiral-Leiters, eine gleiche Spiral-Polarisation für die einfache Kette erschliefsen wollte, so ist ein Anhänger der diagonaloïden Polarisation sehr besorgt, ob dieser Schlufs nicht am Ende parallel läuft mit diesem: alle Schrauben sind schiefe Ebenen, also sind alle schiefe Ebenen Schrauben.

Sollte aber, was an sich sehr möglich ist, die Erfahrung am Ende doch neue und überwiegende Gründe für eine bewegte Spiral-Polarisation herbeiführen, so hätten wir doch vor allen Dingen zu untersuchen, in wie fern vielleicht irgend eine Analogie uns für eine wirkliche stete Drehung des diagonaloïd vertheilten elektrischen Wirkungs-Kreises um die Axe des Leiters, eine genügende physische Ursache darbiete, welches bei zwei expansibeln unter Anziehung und Abstofsung stehenden, und nach entgegengesetzten Richtungen wirkenden, (oder ströhmenden) Thätigkeiten vielleicht

denkbar ist. Nur wenn bestimmte Versuche, oder genaue Berechnungen von gleichem Werth, auch gegen diese Ansicht entscheiden, nur dann sind wir vor dem Richterstuhl der Nachkommen völlig entschuldigt, wenn wir auf den Grund einer für unseren Standpunkt vollkommenen Exklusion, für Elektrizität und Magnetismus als unbedingtes Naturgesetz, und als absolutes *prius* anerkennen, „die Ströhmung einer für beide Klässen von Erscheinungen identischen, in Schrauben-Linien sich bewegenden Flüssigkeit, wovon ein Theil seine Windungen macht von der Rechten zur Linken, der andere von der Linken zur Rechten." Viele Umstände scheinen jedoch vor der Hand dieser Ansicht sich nicht zu fügen, und namentlich der, dafs ja, so viel wir jetzt wissen, nicht jeder elektrisch geladene Leiter auf den Magnet wirkt, und ganz bestimmt nicht der Turmalin, sondern nur die sehr speciell bedingte galvanische Kette; weſshalb es rathsam scheint, nicht der Erfahrung vorzueilen, und zuvörderst an die Bedingungen unmittelbar anzuknüpfen, die wir bis jetzt als die Wesentlichen für den Erfolg anerkennen müssen; dies wäre die Tendenz der Ansicht die hier, gleichsam in der Form eines dogmatischen Zweifels aufgestellt wurde, weil sie noch nicht ausgearbeitet genug ist, um alle Einzelnheiten genügend zu erreichen.

Was nun diejenigen Haupt-Erscheinungen der Azimuthal-Boussole betrifft, die bis jetzt noch nicht

erwähnt wurden, so lassen sie sich auf folgende zurückführen.

1. Wenn der elektrisch-chemische Leiter, der auf die Nadel wirkt, in der Richtung des magnetischen Meridians liegt und die Nadel über ihm steht, so ist die Abweichung westlich wenn das positive Metall in Norden steht, und östlich, wenn es in Süden steht; und zwar sind die Grade dieser Abweichungen beiläufig gleich; steht hingegen die Nadel unter dem Leiter, so ist alles umgekehrt.

2. Wenn der Leiter senkrecht auf den magnetischen Meridian gerichtet ist, so findet bei schwacher Intensität der Ladung, und bei bedeutend ausgedehntem Bogen gar keine Abweichung Statt; bringt man aber alsdann die Nadel zum Schwingen, so findet man, dafs sie doch selbst in diesem Fall durch die elektrische Thätigkeit sollizitirt wird; ist nemlich das positive Metall in Westen, so sind die Schwingungen, die sie macht, langsamer als die gewöhnlichen, ist $+E$ in Osten, so sind ihre Schwingungen beschleunigt. Offenbar wird sie also im ersten Fall von ihrer Normalstellung abgestofsen, im zweiten wird sie dahin gezogen: da aber der Leiter die Nadel senkrecht schneidet, so sind in jedem der beiden Fälle die Sollizitationen gleich und entgegengesetzt nach beiden Seiten, und deshalb beharrt die Nadel ohne Abweichung in ihrer tellurischen bestimmten Richtung, einmal mit der Differenz ihrer dirigirenden Kraft zur elektrisch-

chemischen Abstofsung, das andere mal mit der Summe der dirigirenden Kraft und der elektrischen Anziehung, wie man es sehr deutlich wahrnimmt durch die Verzögerung oder Beschleunigung der Schwingungen, die man der Nadel beibringt. Vermehrt man nun allmählich die Intensität der Wirkungen durch stärkere Säure oder durch kürzere absolute Dimensionen des Bogens, so nimmt die Beschleunigung und Verzögerung der Oszillationen je mehr und mehr zu; hat sie einen gewissen Grad erreicht, so wird in der Stellung + *E* in Westen die Abstofsung schon so stark, dafs die Boussole nicht mehr gerade nach Norden weis't sondern in einer bald Nord-Östlichen bald Nord-Westlichen Abweichung beharrt, je nachdem man ihm absichtlich oder zufällig eine Elongation in Westen oder Osten gegeben hat. Steigert man alsdann die chemisch-magnetische Thätigkeit noch mehr, so wendet sich die Nordspitze der Nadel ganz in den südlichen Halbkreis, und bleibt stehen entweder in Süd-Ost oder in Süd-West, je nachdem man ihr diese oder jene Elongation gegeben hat. Und wenn endlich die gesteigerte magnetische Kraft des Leiters die dirigirende Kraft der Nadel völlig überwiegt; dann wendet diese ihren Nordpol völlig nach Süden und beharret in dieser vollkommenen Umkehrung, bis die abnehmende chemische Thätigkeit allmählig geringer wird als die dirigirende, wo denn die Nadel eben so allmählig

von Süden nach Norden zurückkehrt. Nichts von alle dem geschieht, wenn das positive Metall in Osten steht; der Nordpol der Nadel weiset alsdann immerfort nach Norden, ohne alle Spur von Abweichung; aber die zunehmenden Grade der Ladung bedingen eine immer zunehmende Beschleunigung der Schwingungen, die bis zum dreifachen der gewöhnlichen Oszillations-Geschwindigkeit gehen kann für eine leicht bewegliche Nadel.

Da es schwer ist, die gehörigen Grade der Verdünnung der Säure zu treffen, welche die verschiedene Abweichungen bedingen wenn der positive Leiter in Westen steht, und da es ungemein lehrreich ist, die Bewegungen, welche die Nadel in den verschiedenen Fällen annimmt, mit einem Blick zu übersehen und unter sich zu vergleichen, um durch unmittelbare Anschauung die Kanten des Bogens, welche anziehen, von denen, die abstofsen, zu unterscheiden, so ist es nicht ohne Nutzen, den Versuch auf folgende Weise anzustellen: Ein Platten-Paar von Zink und Kupfer, von 8—12 Zoll in Quadrat, wird mit einem in verdünnter Säure getränkten Feuchten-Leiter versehen: an der einen Seiten-Kante befestigt man einen Streifen Stanniol oder Zink, der den Kreis von einem Metall zum anderen schliefst; der Bogen, den dieser Streifen macht, mufs nur gerade so grofs genommen werden, dafs eine leichte Boussol-Nadel in ihm aufgestellt werden, und sich darinn

frei umdrehen könne, man giebt diesem Bogen die Richtung von Osten nach Westen, so dafs die Platten östlich vom Bogen und der darin enthaltenen Nadel liegen, wenn die Zinkplatte unten, die Kupferplatte oben liegt. Die Platten selbst berühren sich nur in ihrer westlichen Kante, übrigens hält man die oberste schräg geneigt gegen die untere, wie ein halbgeöffnetes Buch, so dafs der galvanische Kreis nicht geschlossen ist. In dem Augenblick aber, wo man durch Niederlassen der oberen Platten auf den feuchten Leiter den Konflikt beider Metalle plötzlich einleitet, bekommt die Nadel einen Impuls und ihr Nordende flieht gegen Süden, aber durch den erhaltenen Schwung macht sie in der Regel mehrere ganze Umdrehungen, oder in Ermangelung dessen, bringe man ihr durch einen geringen Stofs eine solche rotirende Bewegung bei. Nun öffne man den galvanischen Kreis durch Aufhebung der obern Platte, und schliefse wieder durch eine rasche Bewegung gerade in dem Augenblick, wo die im Kreise sich drehende Nordspitze der Nadel sich so eben dem Südlichen oder dem Nördlichen Rand des Bogens nähert, man erhält ganz entgegengesetzte Erfolge. Der nach Süden gelegene Rand des Bogen-Leiters (die positive Seite des diagonaloïden Magnets) schnellt den Nordpol der Boussole rasch zurück: die Nord-Spitze beschreibt einen halben Kreifs, nähert sich aber dadurch wieder von der andern Seite demsel-

Bayerische Staatsbibliothek München

ben Südlichen Rande des Leiters und ebenfalls von dieser abgestofsen, beharrt sie nach einigen Schwingungen im Azimuth Süd, aber auf eine erzwungene Weise und nur im Gleichgewicht der rechts und links auf sie wirkenden Abstofsungen des sie rechtwinklich halbirenden positiven Antheils des diagonaloïden Bogen. Die Nördliche Seiten-Kante des Leiters wirkt hingegen anziehend auf den Nordpol; schliefst man daher die Kette in dem Augenblick, wo der Nordpol der schwingenden Nadel gegen diesen Rand zu läuft, so wird ihre Bewegung dahin ausnehmend beschleunigt, sie geht durch die erhaltene Akzeleration unter den Nördlichen Rand des Leiters weg und läuft durch den Schwung zum andern Südlichen Rand über; nach einigen Schwingungen ruht die Nordspitze in Süden im Gleichgewicht zwischen den beiden sie abstofsenden und sie rechtwinklich schneidenden Südlichen Rändern des Leiters. Man sieht offenbar, dafs diese Bewegungen die entschiedendste Ähnlichkeit haben mit den Oszillationen der Rotations-Kette zwischen den zwei Polen des Hufeisens, auch fand ich diese Kombination, indem ich analogisch einen Fall hervorzubringen suchte, wo Ein beweglicher Magnetpol durch die transversale Bipolarität des ruhenden Leiters ein Phänomen bedingte, gleich dem, welches zwei Magnet-Pole hervorbringen bei dem beweglichen Rotations-Apparat. Wendet man nun das ganze System der

Platten und des Bogen-Leiters um 180° im Azimuth, so kommt der den Nordpol abstofsende Rand in Norden, und der ihn anziehende in Süden, wie man es sehr leicht durch die Bewegungen der schwingenden Nadel ersehen könnte, wenn die Sache sich nicht von selbst verstände. In dieser Stellung also, wo der Nordpol der Nadel nach Norden, der Südpol nach Süden durch die Lage der diagonaloïden Ränder des Leiters zurükgestofsen wird, läfst sich durchaus keine Abweichung, wohl aber eine Beschleunigung der Oszillationen denken, und so fanden wir es in der That.

Ist die Rede von einer in Beziehung auf die Beweglichkeit der Nadel gehörig grofsen Intensität des elektro-chemischen Magnetismus, so kann man die normalen Abweichungen der Azimuthal-Nadel innerhalb des Bogens folgendermafsen bestimmen:

Positives Metall.	Nordp. d. Nadel.	
1) in Norden.	— gegen Westen.	} das Maximum der Abweichung ist 90°
2) in Süden.	— - Osten.	
3) in Westen	— in Süden.	} das Maximum der Abweichung ist 180°
4) in Osten	— - Norden.	

Um nun schliefslich die etwanige schon erreichte Konsequenz unserer Ansicht, und den Grad ihrer Übereinstimmung mit den Erscheinungen an diesem und an allen übrigen Fällen mit Anschaulichkeit zu prüfen; bereite man sich nach Figur 9. das Bild eines gehörig langen und breiten diagonaloïd gefärbten Leiters, und allenfalls

auch, wenn man will, das in demselben Verhältnifs vergröfserte Bild einer Boussol-Nadel; die schwarz gefärbte Hälfte, sowohl der Nadel, als des diagonaloïden Leiters, nehme man an für + *E* und Nord M. Nun lege man die Nadel Nord in Nord, und halte über sie den diagonaloïden Leiter und zwar zuerst in horizontaler Ebene (d. h. abgesehen vor der Hand von der dritten Dimension, und also vorläufig, ohne Rücksicht auf die Disjunktion von innerhalb und aufserhalb). Man richte den Leiter so, dafs die längsten positiven Ordinaten, das heifst die geschwärzte Fläche da wo sie am breitesten ist, nach Norden liegen, dies ist der Sinn von + *E* in Norden; und zugleich liege dieser positive Antheil gegen Osten, nach Analogie von Fig. 13., die zwar für den senkrechten Leiter gilt, die man aber auf den horizontal gelegten übertragen kann. 1) Der auf diese Weise mit seinem positiven Antheile nach Norden der Länge nach, und nach Osten der Breite nach über die Nadel gehaltene Leiter giebt Westliche Abweichung der Nadel, das Positive stöfst die Nördliche Spitze ab, gegen die Westliche Seite, wo das Negative liegt, und das Negative stöfst das Negative ab gegen die Seite, wo das Positive liegt, oder um die anschauliche Kürze dieser graphischen Methode zu benutzen, das Schwarze geht vom Schwarzen zum Weifsen über, das Weifse vom Weifsen zum Schwarzen. 2) Nun bleibe der Repräsentant der Nadel, wie billig Nord in Nord,

man wende aber den Repräsentanten des Leiters so, dafs sein positiver Antheil in Süden stehe, man sieht sogleich, warum nun Östliche Abweichung erfolgen mufs. 3) Man führe den positiven Theil des fingirten Leiters in Westen, dann kommt Schwarz auf Schwarz und Weifs auf Weifs, das heifst das $+E$ in Norden liegend, stöfst die Nordspitze der Nadel ab und sie wendet sich nach Süden, wohin sie das Negative hinzieht. Zugleich sieht man den Grund der partiellen und anomal scheinenden verschiedenen Abweichungen, die für die Stellung, $+E$ in Westen bei schwächeren Intensitäten der Nadel vorkommen, so wie auch die Ursache der verzögerten Schwingungen die alsdann eintreten; wenn endlich 4) der positive Längen-Antheil des Leiters in Osten steht, dann kommt Weifs am Leiter über Schwarz an der Nadel, das heifst zu der tellurischen Richtung nach Norden kommt noch die elektrisch-magnetische Anziehung eben dahin, und es ist keine Abweichung denkbar, und selbst erzwungene Elongationen können keinen andern Erfolg haben, als Rückkehr zur normalen Stellung der Boussole, durch beschleunigte Schwingungen.

Dies galt für den Fall, wo die Nadel Innerhalb des Bogen-Leiters sich befindet zwischen seinen beiden Zweigen; wir wissen aber, dafs die Abweichungen durchgängig fast entgegengesetzt auffallen, wenn die Boussol-Nadel sich aufserhalb befindet; und da wir versucht haben, diesen Um-

stand durch die Neigung der diagonaloïden Ebene des elektrisch-magnetischen Wirkungs-Kreises denkbar zu machen nach den Analogien des Fundamental-Versuchs, so mufs das Versinnlichungs-Mittel eines diagonaloïd gefärbten Repräsentanten des Leiters auch diesen Umstand zu erreichen suchen. Um nun mittelst des diagonaloïd gefärbten Leiters auch diese Modifikation anschaulich zu machen, wähle man den durch unmittelbaren Versuch bekannten Fall, wo das positive Metall in Süden steht. Man gebe dem zuerst senkrecht gehaltenen Repräsentanten des Leiters die wahre Stellung von AC (Fig. 13.) das heifst der positive (schwarz gefärbte) Antheil auf AE, der geringere negative Antheil der Ordinate (das Weifse) auf EC. Mit dieser Neigung der diagonaloïden Ebene von Osten nach Westen, lege man nun den ganzen Leiter horizontal, so dafs seine wahre positive Längen-Hälfte in Süden, die negative in Norden stehe, und so halte man ihn, wie vorher, über die in Norden einspielende Nadel, man hat schon gesehen, dafs sie alsdann eine Östliche Abweichung bekommt, und die eingeführte Neigung ändert diese nicht im Wesentlichen.

Mit dieser Abweichung führe man nun die Nadel aus der Lage unter dem Leiter in die über dem Leiter, (d. h. aufserhalb des Bogens) man sieht augenblicklich, dafs sie in ihrer Östlichen Abweichung nicht beharren kann, denn als sie sich unter dem Leiter befand, war ihr der

transversale negative Antheil des Leiters überall am nächsten, sie war gleichsam in diesen Antheil getaucht, der positive wirkte aus gröfserer Entfernung und minder senkrecht; diese überwiegende negative Thätigkeit war es hauptsächlich, welche die Nördliche Spitze nach Osten hinzog, und die negative Spitze nach Westen abstiefs. So wie wir aber die Nadel um den Leiter herumführen um 180 Grad, (d. h. als sie aufserhalb des Bogens sich befindet) sehen wir, dafs nun der positive Antheil der Wirkungs-Sphäre des Leiters ihr zunächst liegt, dafs sie gleichsam in die positive Atmosphäre getaucht ist, welche nun den Ausschlag gebend über die Art der Abweichung entscheidet, und sehen auch dafs diese Abweichung durchaus nicht Östlich bleiben kann, sondern in die entgegengesetzte übergehen mufs. In der That die negative Hälfte der Nadel wird nun nicht wie vorher abgestofsen, sondern angezogen von dem Rande des Leiters, dem sie zunächst liegt; sie geht also zurück von ihrer Östlichen Abweichung, und würde an und für sich parallel mit dem sie anziehenden Leiter zu stehen kommen, aber man sieht ein, dafs zugleich die Nordspitze der Nadel durch dieselbe vorwaltende positive Thätigkeit abgestofsen wird, und zwar gegen Westen zu, wo das Negative liegt, welches diese Spitze anzieht. Wer die Anwendung dieser graphischen Methode nicht verschmäht, ist nun im Stande, die eben erwähnten Phänomene des elektro-chemischen

Magnetismus in ihren Einzelheiten so klar und anschaulich zu verfolgen, und die einzelnen Fälle an die Ansicht einer diagonaloïden Polarisation mit so leichter Mühe kritisch prüfend zu halten, dafs ich annehmen mufs, es lohne sich nicht der Mühe mit Weitschweifigkeit und Wiederholungen diese speziellen Fälle, wie sie in den früheren Abschnitten vorkommen, actiologisch mit Worten ausführlich zu konstruiren.

Nur noch eine Bemerkung finde hier ihren Platz: man könnte verleitet werden, einen Unterschied in der Quantität oder Qualität der Abweichungen zu erwarten, je nachdem die Boussol-Nadel eine verschiedene Stellung erhält auf einem Leiter von ausgedehnter Längen-Dimension. Weil man am diagonaloïd gefärbten Leiter gegen das eine Ende sehr vorwaltendes Positives, gegen das andere ein eben so vorwaltendes Negatives erblickt, so könnte man glauben, es müssen auch sehr verschiedene Abweichungen für einen und denselben Pol der Nadel hiedurch bedingt werden; dies scheint doch ein Irrthum zu seyn, denn in demselben Verhältnisse, wie die positive Thätigkeit abnimmt, wenn man sich vom positiven Faktor entfernt, nimmt auch die negative Thätigkeit zu, und beide lenken eine gegebene Spitze der Nadel auf dieselbe Weise und nach derselben Richtung, die eine Thätigkeit durch Anziehung, die andere durch Abstofsung.

Nachtrag.

Selbst ein Irrthum hätte einigen Werth, wenn er ganz von einem Stück und aus einem Guſs wäre: um den vorliegenden Blättern wenigstens diese Art von Interesse zu sichern, und um die Umrisse aus dem unverrückten Augenpunkte frei zu entwerfen, aus welchem ich den Gegenstand geprüft wissen möchte, hatte ich mich bis hierher dem wahrlich nicht geringen Zwange unterworfen, jede schriftliche und mündliche Mittheilung über den chemischen Magnetismus vor der Hand möglichst streng zu vermeiden. Ueberraschender und angenehmer konnte diese freiwillige Kontumaz nicht unterbrochen werden, als durch den mir durch Herrn Poggendorff so eben mitgetheilten Kondensator, und ich kann nicht über mich gewinnen, diesen Bogen abgehen zu lassen, ohne eine vorläufige Ankündigung dieses höchst wichtigen Gegenstandes. Herrn Poggendorff, der eine der köstlichsten Zierden ist für die Hörsäle und für das Laboratorium der hiesigen Universität, führte eine sehr konsequente und durchdachte Prüfung des elektro-chemischen Magnetismus,

Schritt vor Schritt zu den Mitteln diese Thätigkeits-Aeufserungen in und durch sich selbst zu verstärken. Dieses gelang ihm in dem Grade, dafs ich so eben sah, wie ein Platten-Paar kaum 4 Linien Oberfläche mit verdünnter Säure Abweichungen gab von 25—30 Grad; Davysche Ketten von Säuren und Basen bei ganz geringen Dimensionen geben die entschiedensten Abweichungen; Kupfer und Zink mit destillirtem Wasser, giebt eine nicht zu verkennende Sollizitation, schon Brunnenwasser wirkt ganz entschieden; der zarteste aller Versuche der Humboldtsche Hauchversuch spricht sich aus an der Magnet-Nadel, und zwar wie alle eben erwähnten bei Dimensionen der Metalle oder der Kohle, wo bei der einfachen Kette unter den günstigsten Umständen durchaus an keine Wahrnehmung zu denken ist. Trotz dieser Steigerung der elektrisch-magnetischen Spannung zeigte mir jedoch das Instrument keine wahrnehmbare Spur von Einwirkung auf die Nadel, weder mit einem sehr kräftigen Turmalin, noch mit der Zambonischen Säule von 12000 Paar.

Für die Elektro-Chemie kann dieser magnetische Kondensator ein wahres Kleinod werden: alle Schwierigkeiten des elektrischen Kondensators sind glücklich umgangen; durch die einfachste Manipulation und mit den konstantesten Resultaten hat Herr Poggendorff bereits die elektrische Reihe für eine grofse Mehrheit der chemischen Substan-

zen durch die Boussole revidirt, und sehr auffallende Anomalien gefunden, namentlich für das Leitungs-Vermögen. Aber auch die Physik des Magnets wird nicht leer ausgehen. Herr Poggendorff entdeckt z. B. jede Abweichung von der rein symmetrischen Vertheilung der Polarität einer Boussol-Nadel, wenn er ihre verschiedene Punkte sukzessiv vor dem Kondensator einspielen läfst. Da wo die Nadel nur eine Spur von anomaler Polarität hat, erfolgt auch eine anomale Abstofsung als Ausnahme der für die gegebene Hälfte der Nadel normalen Anziehung, oder umgekehrt. Herr Poggendorff wird nächstens im Schweiggerschen Journal ausführlich über diese sehr gelungene Arbeiten berichten. Das Prinzip seines Kondensators scheint mir zu liegen in den wechselseitigen Spannungen eines sehr langen mehrfach über sich selbst zurückgeführten diagonaloïden Leiters, in grofser Annäherung, jedoch ohne leitende Berührung; ein kupferner Drath (beiläufig $\frac{1}{10}$ Linien stark) mit Seide umsponnen wird in kreisförmigen, dicht auf und neben einander gedrängten Windungen aufgewikkelt, der Bündel von beiläufig vierzig bis funfzig Gewinden fest geschnürt; dann zu einer elliptisch länglichen Form zusammengedrückt, so dafs im inneren Umfange dieses Kondensators eine Nadel, wenn die zwei Enden des Draths an die Faktoren der Kette angelegt werden, frei spielen könne, entfernt überall von den inneren Gewinden des

Draths ungefähr nur um 2 Linien. Die Ansicht des spiralförmigen Leiters, welche man in obigen Bogen gelesen hat, die schon abgedruckt waren, ehe ich Kenntnifs erhielt von den Poggendorffschen Versuchen, dafs er sich gewissermafsen verhalte, wie eine galvanische Säule zur einfachen Kette, findet ihre Bestätigung. Der Umstand, dafs beim Kondensator die Gewinde sich nicht spiralförmig von einander entfernen, wie in der oben erwähnten Kombination, ist höchst wahrscheinlich der Grund, dafs kein Element von Longitudinal-Polarisation entsteht, wie bei jenen. An dem seiner ganzen Länge nach diagonaloïd-polarisirten Leiter, scheint bei je zwei nahe liegenden Windungen an der positiven Längen-Hälfte des gesammten Leiters das $+E$ der einen Windung durch das $+E$ der andern mehr Spannung zu erhalten, und eben so das Negative an der zweiten oder negativen Längen-Strecke. Daher richten sich die Abweichungen, die der Kondensator in jedem besondern Fall giebt, nach der jedesmaligen relativen Lage der zwei elektrischen Faktoren, wie bei jeder einfachen Kette; der Mechanismus der Kondensation selbst aber, scheint im Allgemeinen auf der transversalen Polarisation zu beruhen, insofern die eine Hälfte des Leiters den positiven Faktor, die andere den negativen repräsentirt; und bei Voraussetzung einer diagonaloïden Polarisation, mufs der totale Effekt der näher gerückten Wirkungs-Kreise sein

für das ganze System eine gleiche Summe von freier durch wechselseitige Repulsion expandirten positiven und negativen Thätigkeit.

Auf meine Bitte untersuchte Herr Poggendorff durch einen komparativen Versuch, ob ein Unterschied wahrnehmbar sei, wenn der Drath von der Rechten zur Linken, oder umgekehrt gewunden wird; es fand sich keine Spur davon; welches auch für einen konzentrisch gewundenen Leiter zu erwarten war, für einen spiralförmigen diagonaloïden hingegen ist eher ein Unterschied denkbar. Noch kennt man nicht die Gesetze, nach welchen die Kondensation sich richtet, weder in Beziehung auf die Anzahl und auf den Umfang der Windungen, weder in Beziehung auf die Intensität der Quelle, von welcher der Kondensator seine elektrische Spannung bekommt, noch auf die relative Dicke des Draths. Das Verhältnifs der Intensität der jedesmaligen Kondensation wird wahrscheinlich befunden werden in geraden, der elektrischen Spannung des Leiters und in umgekehrten der Isolationsfähigkeit der ihn umgebenden und isolirenden Substanz. So glaube ich gefunden zu haben, dafs stärkere Ladungen nicht in demselben Verhältnifs vermehrt und kondensirt werden als schwächere, und so fand sich auch, dafs ein höchst fein gezogener Drath fast ganz untauglich war: es ist denkbar, dafs in beiden Fällen die umgebende Seide nicht fähig war, die gespannten entgegenge-

setzten Elektrizitäten gehörig zu isoliren, so dafs statt der Spannung durch Vertheilung, ein partieller Übergang durch Mittheilung eintrat.

Die wichtigen Versuche am Ende des dritten Abschnitts, wo man nach Belieben die Nordspitze der Nadel ganz in Norden oder ganz in Süden gefangen nehmen kann, so wie die bald vermehrte, bald verminderte Geschwindigkeit der Oszillationen, lassen sich übrigens sehr bequem am magnetischen Kondensator wiederholen. Herr Poggendorff hatte seiner Seits vieles von dem, worauf es bei diesen Oszillationen ankömmt, bereits eingesehen, er ist bemüht, den durch Anziehung der einen und Abstofsung der anderen Seiten-Kante eines Leiters bedingten Sollizitationen nach einer und derselben Richtung, eine mehr ungehinderte und folglich mehr dauernde Wirkung dadurch zu geben, dafs er nur einen Pol der Nadel vor den transversal bipolaren Leiter bringt; dadurch wird vermieden, dafs die entgegengesetzte Spitze durch ihr widersinniges Verhalten nicht die Rotation der Nadel hindere und bald aufhebe. Ein leichter horizontaler Arm mit einem Hütchen auf einer Spitze aequilibrirt, wird die senkrecht gestellte Boussol-Nadel tragen, deren nach unten stehender Pol im Inneren eines Kreises sich bewegen kann, um welchen herum ein Drath in Spiral-Windungen geführt worden. Wenn man nun die Kette schliefst, so wird z. B. der Nordpol der Nadel überall nach

einer und derselben Richtung sollizitirt, durch Abstofsung von den positiven und durch Anziehung von den negativen transversalen Antheilen des gewundenen Leiters, sie mögen zur positiven oder zur negativen Längen-Hälfte des diagonaloïden Leiters gehören, so dafs hier eben so wenig an einer kontinuirlichen und immer währenden Rotations-Bewegung der Nadel zu zweifeln ist, wie bei einem Rotations-Apparat, den man vor einigen an die Peripherie seines Umlaufs-Kreises gestellten gleichnamigen Magnet-Polen vorbei laufen läfst, nach dem Sinne, wo am Leiter in Beziehung auf den gegebenen Magnet-Pol erst Anziehung nach einer Richtung, und dann abstofsende Beschleunigung nach derselben Richtung folgt, nur dafs beim Rotations-Apparat durch die immer zunehmende Windung des Fadens, an welchem er hängt, bald eine Retardation eintritt, die nur zu vermeiden wäre, wenn man den Rotations-Apparat auf einer Spitze sich bewegen liefse, welches bei seiner Masse nicht gut thunlich ist.

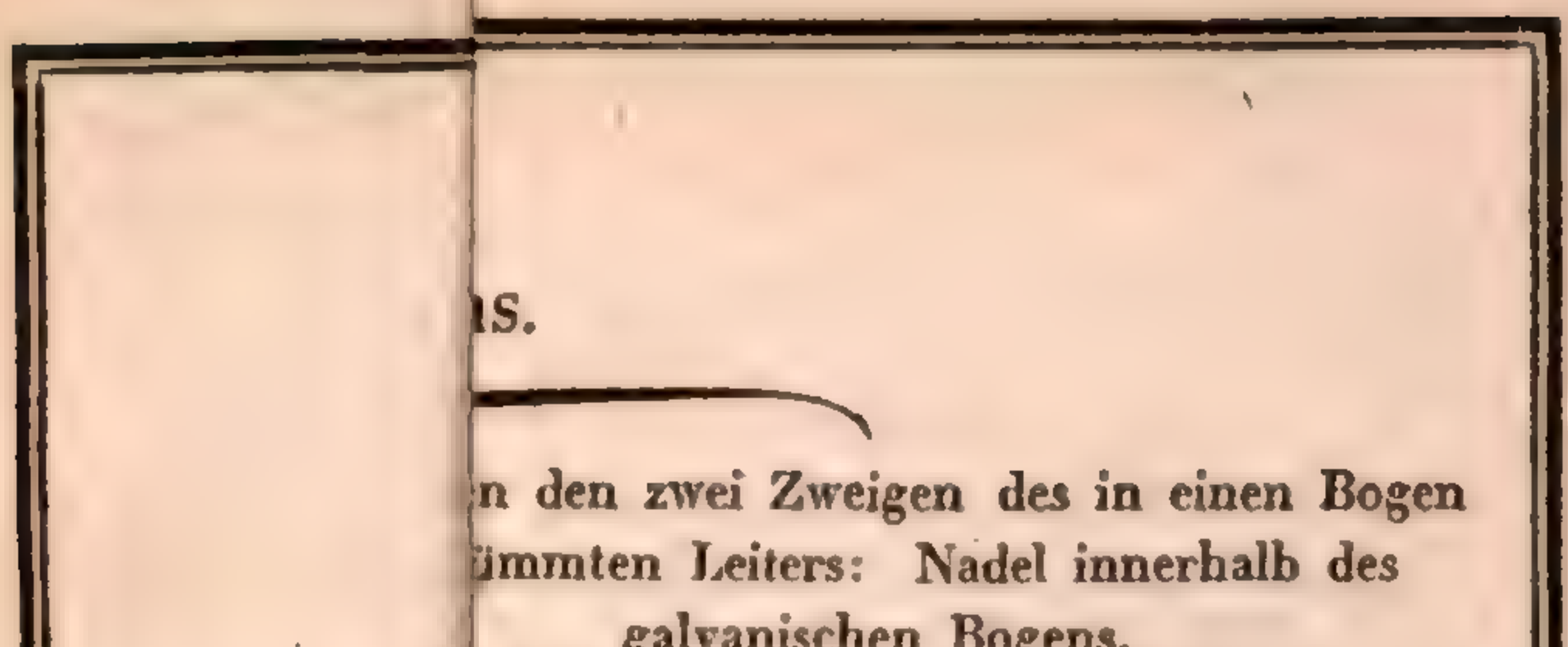
Uebrigens bin ich es Herrn Poggendorff schuldig zu bemerken, dafs die bei obiger Ankündigung seiner Versuche, von der Hypothese einer diagonaloïden Polarisation entlehnten Ausdrücke und Erklärungen ihm durchaus nicht zur Last fallen; ich erlaubte mir der Kürze halber einige Anwendungen dieser Sprachformeln, die jedoch sehr leicht in jede andere umzuwandeln sind, und na-

mentlich in die, welche Herr Poggendorff zur Mittheilung seiner schätzbaren Untersuchungen belieben wird, und die ich nicht kenne, denn die Mittheilung einer so reichhaltigen und belehrenden Faktizität liefs keine Zeit übrig, für theoretische Erörterungen.

Meridians.

chen den zwei Zweigen des in einen Bogen
ekrümmten Leiters: Nadel innerhalb des
galvanischen Bogens.

inne				
	+ *E* in Süden.		+ *E* in Norden.	
Leiter i				
der	Oben	+ *E* Unten	+ *E* Oben	+ *E* Unten
	stlich.	Oestlich.	Oestlich.	Westlich.
+ *E* Oben Westlich. 8°.	°.	$11\frac{1}{2}$°.	$10\frac{1}{2}$°.	$10\frac{1}{2}$°.



Die rte Neigung.

Die iner einzelnen fortlaufenden Reihe von

Versuchen. D geben sollten, rühren wahrscheinlich

her, theils von onstruktion des Instruments eine jedes-

malige Anleg ch Zeitverlust noch mehr Stöhrung von

Seiten der ver anden, wenn man bei jeder der vielen

Wendungen and nur Approximationen und es wird

nicht leicht se

Fig. 1.

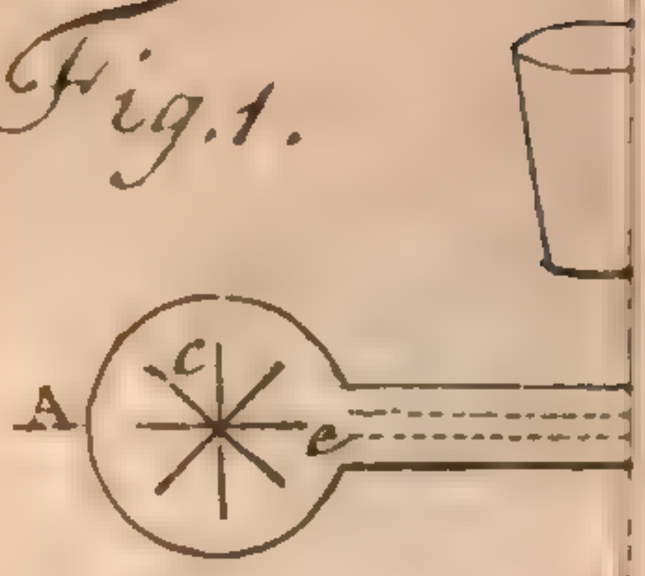


Fig.

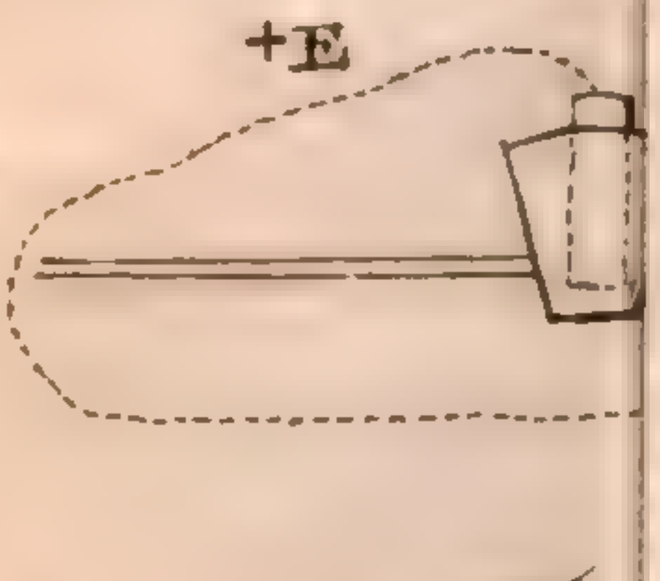


Fig.

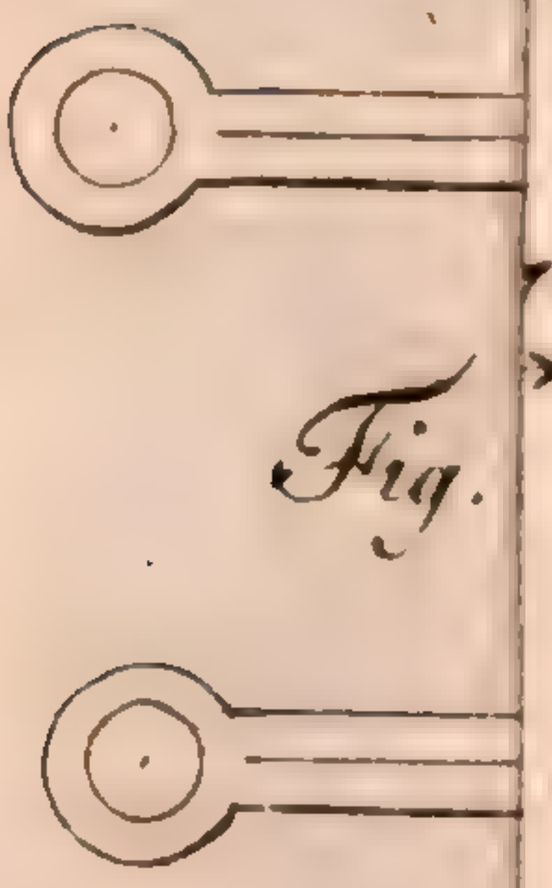


Fig.

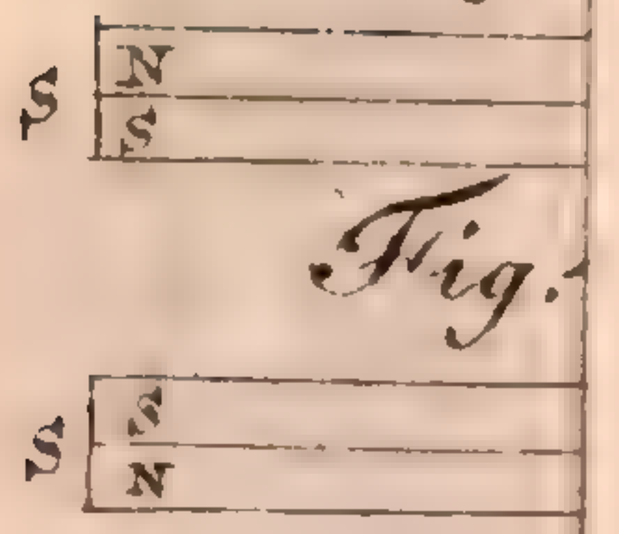


Fig.

Fig. 12.

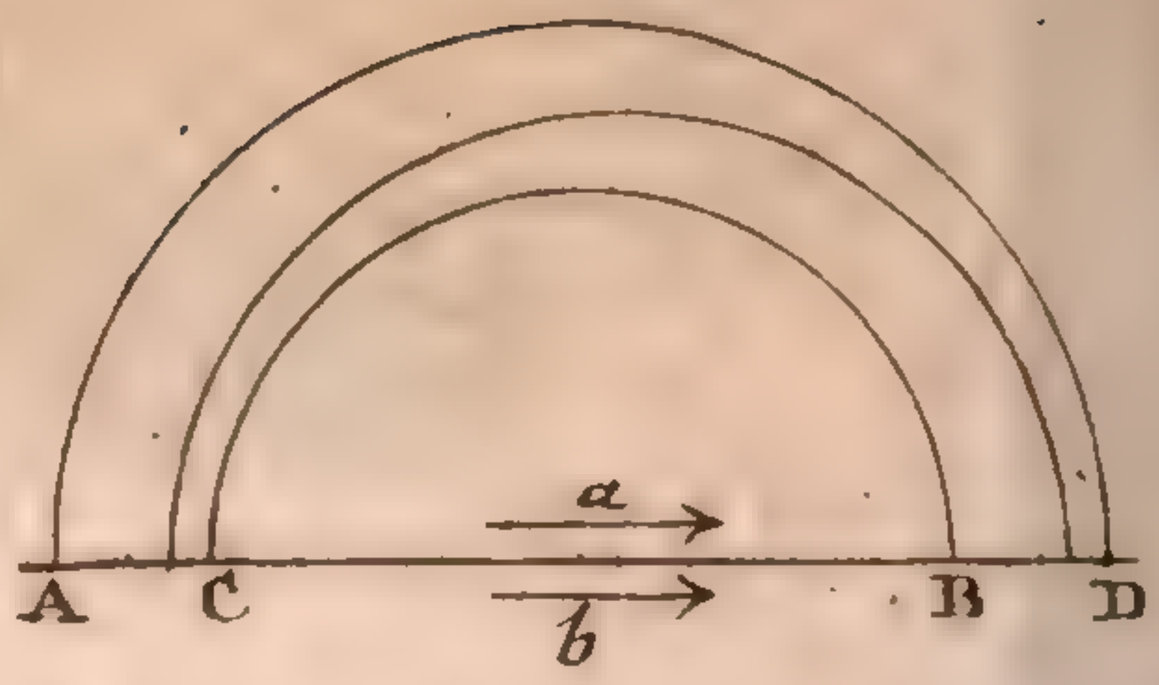


Fig. 13.

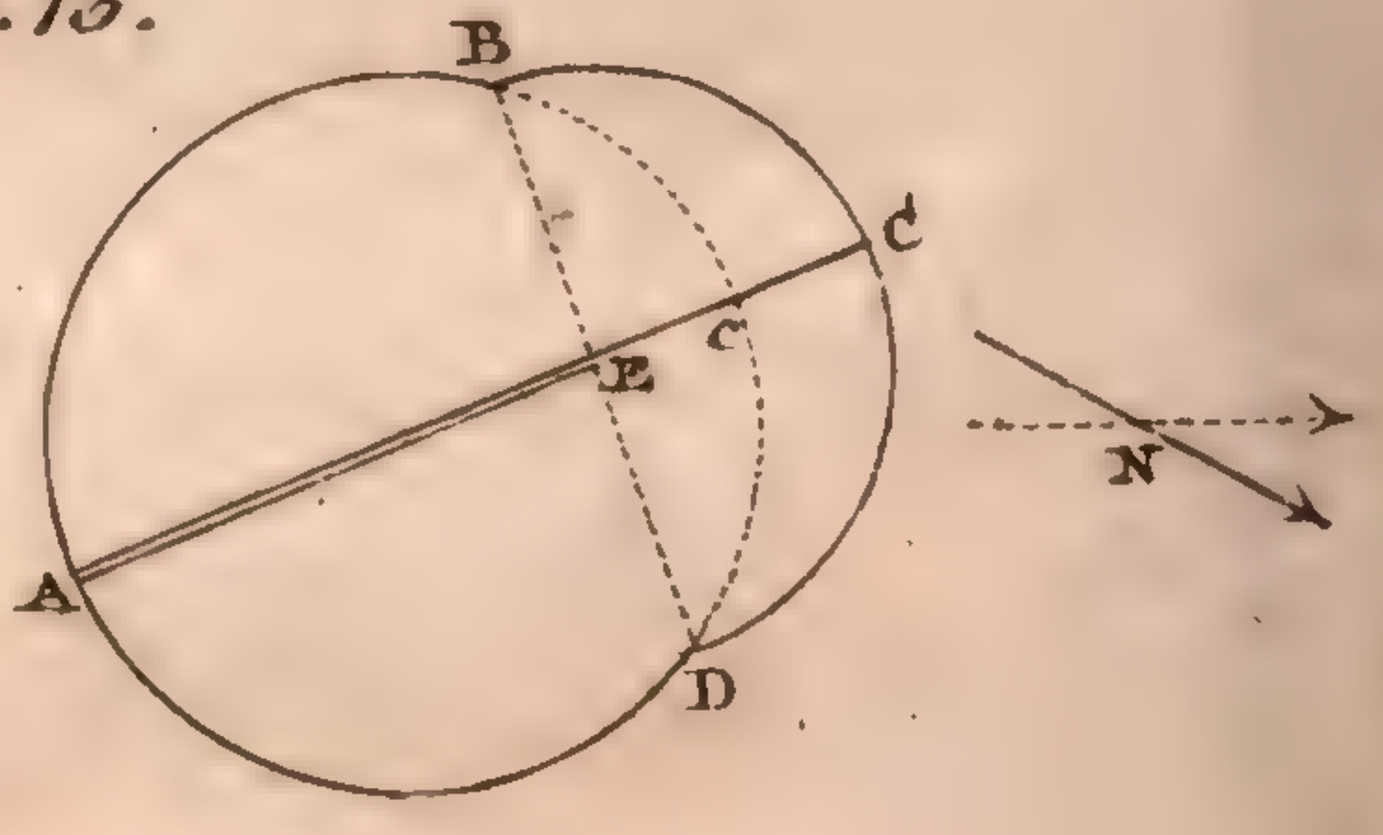


Fig. 10.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Erman, Paul,

Umrisse zu den physischen Verhältnissen des von Herrn Professor Örsted entdeckten elektro-chemischen Magnetismus

Berlin 1821
BHS II H 26
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10707465-6